



Smart oděvy a jejich testování

Bakalářská práce

Studijní program: B3107 – Textil
Studijní obor: 3107R015 – Výroba oděvů a management obchodu s oděvy
Autor práce: **Lucie Novotná**
Vedoucí práce: doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.





Smart clothing and their testing

Bachelor thesis

Study programme: B3107 – Textil
Study branch: 3107R015 – Clothing Production and Management
Author: **Lucie Novotná**
Supervisor: doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.



Tento list nahradte
originálem zadání.

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

PROHLÁŠENÍ

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Antonínu Havelkovi, CSc. za jeho cenné rady, připomínky, trpělivost a čas, který mi věnoval v rámci řešení této práce. Děkuji také Ing. Ladislavu Nagymu Ph.D., který mi pomohl s provedením experimentální části bakalářské práce.

Dále bych ráda jmenovitě poděkovala Bc. Tereze Ducháčové za její ochotu a čas při testování.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině za trpělivost, psychickou i finanční podporu po celou dobu mého studia. Dále také přítelovi a kamarádům za podporu, kterou mi poskytli během studia.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá komfortem oděvních vlastností při nošení v podmínkách užívání. Věnuje se sledováním teploty a vlhkosti na různých oděvních vrstvách při fyzické zátěži.

Rešeršní část, resp. teoretická část je zaměřena na inteligentní textilie a jejich dělení. Dále se práce z větší části zabývá optickými vlákny a tepelným komfortem pro lidské tělo. V práci je dále obsažena nositelná elektronika a výrobky, které jsou dnes na trhu. A také elektro-textilní rozhraní se základními textilními snímači.

V druhé části práce, experimentální části, jsou nejdříve popsány oděvy k samotnému testování. Ve druhé části je popsán samotný experiment. Výsledky z měřicího zařízení jsou porovnány se subjektivním vnímáním komfortu probanda.

KLÍČOVÁ SLOVA

Inteligentní textilie, nositelná elektronika, optická vlákna, monitorování lidského těla, elektro-textilní rozhraní, vlhkost, komfort

ABSTRACT

This bachelor thesis investigates the comfort of clothing properties of garments worn and well-used. It monitors the temperature and humidity at different layers of clothing during the physical wear and tear proces.

The theoretical part of the thesis concentrates on defining smart textiles and summarising their division. The thesis also devotes significant attention to the study of optical fibres and thermal comfort for the human body. This work also covers the topic of wearable electronics and products currently available on the market and also the electro-textile interface with fundamental textile-based sensors.

In the experimental part of the thesis, the description of the tested garments is provided, and in the follow-up section the experiment itself is analysed.. The objective results generated by the measuring apparatus are compared to the subjective perception of comfort expressed by the tested subject.

KEY WORDS

Smart textiles, Wearables, Optical fibers, Monitoring of the human body,

Electro-textile interface, Humidity, Comfort

Seznam použitých symbolů

EEG - elektroencefalogram

EKG – elektrokardiogram

EMG - elektromyografie

GSR - galvanická reakce kůže

GTWM – Georgia Tech Wearable Motherboard

IR – infračervené záření

PCM – Phase change materials

SMP – polymery s tvarovou pamětí

SMS – Short message service

T_R – přechodové teploty

UV – ultrafialové záření

VIS – viditelné záření

WBGT – Wet Bulb Globe Temperature

μm – mikrometr

Obsah

Seznam použitých symbolů.....	10
Obsah.....	11
Úvod.....	13
Rešerše	14
1. Inteligentní textilie	14
1.1. Pasivní inteligentní textilie	15
1.2. Aktivní inteligentní textilie	15
1.3. Ultra (velmi) inteligentní textilie	15
2. Nositelná elektronika.....	20
3. Optická vlákna.....	24
3.1. Mnohovidová optická vlákna.....	25
3.2. Jednovidová optická vlákna	26
4. Elektro-textilní rozhraní	27
4.1. Základní textilní snímače	28
5. Tepelný komfort pro lidské tělo v klidu.....	31
5.1. Tělesná teplota	31
5.2. Tepelné pocity.....	31
5.3. Termoregulace kůže	33
5.4. Teplota a vlhkost vzduchu pod oděvem.....	33
5.5. Prostup vlhkosti	33
5.6. Vrstvené oblékání	34
Praktická část.....	36
Rozbor testovaných oděvů.....	36
6. Experiment	37
6.1. Vyhodnocení zátěžového těstu	39
Závěr.....	49
Použitá literatura	50

Seznam grafů.....	53
Příloha č. 1.....	54
Umístění čidel na oděvech.....	54
Příloha č. 2.....	58
Grafy pro teplotu, rosný bod a vlhkost	58

Úvod

Oděvy jsou už od počátku historie požívány jako ochrana kůže. Jsou tedy někdy ozn. jako druhá kůže člověka. Oděvy od samého počátku plní dvě role. V prvním případě se jedná o funkční roli, tedy ochrannou a izolační. Oblečení nás neustále hřeje a chrání před nepříznivými vlivy okolního prostředí. V druhém případě se jedná o kulturní roli, kdy nám oděvy mohou umožnit změnit vzhled, vyjádřit naše společenské postavení nebo nás řadí do určité skupiny (např. uniformy, kroje). [1]

Klasický textilní a oděvní průmysl se v posledních letech zcela přesunul za výrobu na východ světa, do asijských zemí. Západní svět na tento podnět začal reagovat tím, že začal vyrábět inteligentní textilie, pomocí kterých se snaží získat textilní průmysl svou pozici na trhu ve světovém obchodu. [11]

Tato práce se zabývá komfortem oděvních vlastností při nošení v podmínkách užívání. Věnuje se sledováním teploty a vlhkosti na různých oděvních vrstvách při fyzické zátěži. Cílem práce bylo zjistit komfort při užívání z přístroje Almemo a následně jednotlivé hodnoty komfortu porovnat se subjektivním vjemem probanda.

Tato práce byla rozdělena do dvou částí, a to na rešeršní a praktickou část.

Rešeršní část je zaměřena na inteligentní textilie a následně na jejich dělení. Dále byla v práci popsána nositelná elektronika a výrobky, které se v současné chvíli vyskytují na trhu. Práce se dále zabývá optickými vlákny, elektro-textilním rozhraním se základními textilními snímači. V poslední části rešerše byl popsán komfort pro lidské tělo a vrstvené oblékání.

Praktická část se zabývá přípravou oděvů a probanda na experiment a dále samotným testováním. Výsledky měření z přístroje Almemo byly porovnány se subjektivním hodnocením komfortu probanda. Výsledky měření z přístroje Almemo jsou v podobě grafů uvedeny v příloze.

Rešerše

1. Inteligentní textilie

Inteligentní textilie se vyskytují v mnoha oblastech, jako textilní průmysl, módní a oděvní odvětví, vyskytují se také u technických textilií. [21]

Z pohledu moderní doby mohou být inteligentní oděvy definovány jako oděvy, které kombinují funkční materiály a elektronické technologie, které zvyšují adaptabilitu lidí k životnímu prostředí. [2]

Pokud inteligentní textilie definujeme podle Baurleyho, lze je definovat jako textilie, které mohou snímat a reagovat na podmínky prostředí nebo na podněty z mechanického, tepelného, chemického, elektrického a magnetického zdroje. A maximálně tři komponenty mohou být přítomny v materiálech a to jsou, senzory, akční členy a řídicí jednotka. [2]

Snímače jsou používány jako nervový systém pro detekci signálu. Některé z těchto materiálů působí pouze jako senzory, ale některé působí jako senzory s akčními členy. [11]

Kombinace elektroniky a oděvních textilií se nazývá inteligentní oblečení. Chceme-li tedy, aby inteligentní textilie byly komfortní součástí oděvů, musíme elektronické funkce vložit do oděvu tak, aby byly s textilními vlastnostmi zachovány a nijak se nepoškodily. Inteligentní oblečení by tedy mělo být snadné na údržbu a používání, stejně jako běžné textilie. [2]

Inteligentní textilie jsou uplatňovány např. ve zdravotnictví nebo v armádě, kde plní užitnou funkci a podporují odbornou činnost. Dále jsou používány při sportu a volném času, kde je kladen vysoký důraz na estetiku a pohodlí. [2]

Obecně tedy považujeme chytré textilie za ty, které v sobě obsahují elektroniku, která může být do textilu vetkaná, všitá nebo může být přímo natištěná. Textilie obsahují čidla, která monitorují vnější podmínky nebo vnitřní prostředí. Mezi vnější prostředí řadíme teplotu, vlhkost, přítomnost chemikálií, atd. Zatímco k vnitřním podmínkám patří teplota těla, pohyb těla, srdeční a mozková činnost, atd. [20]

Inteligentní textilní čidla udávají změnu stavu a podmínek okolí. Používají se především u oděvních a technických textilií, v kompozitech a ve speciálních zařízeních pro monitorování a indikaci různých veličin.

Mezi inteligentní textilní čidla řadíme optická vlákna, teplo absorbující textilie, chameleonské textilie a textilie s tvarovou pamětí. [6]

Podle Zhang a Tao dělíme inteligentní textilie do tří kategorií., a to na pasivní, aktivní a ultra inteligentní textilie. [2]

1.1. Pasivní inteligentní textilie

První generací inteligentních textilií jsou pasivní textilie, které jsou významné tím, že mohou vnímat pouze prostředí nebo podněty. To znamená, že jsou na vnější podněty citlivé. Mezi vnější podněty řadíme čidla a indikátory okolního stavu, jako jsou optická vlákna, která přenáší světelný signál a zároveň reagují na deformaci, koncentraci chemikálií, tlak, elektrický proud a magnetické záření. [2, 5, 6]

1.2. Aktivní inteligentní textilie

Druhá generace inteligentních textilií jsou aktivní textilie, které vnímají a reagují na podněty nebo prostředí. Tyto textilie identifikují změnu vnějších podnětů, na které poté reagují. Jedná se o textilie s tvarovou pamětí, textilie se schopností stabilizovat teplotu, chameleonské textilie, textilie s proměnnou prodyšností a propustností pro vodní páry (hydrofilní a neporézní), textilie pohlcující páru, apod. [2, 5, 6, 7]

1.3. Ultra (velmi) inteligentní textilie

Velmi inteligentní textilie jsou označovány jako třetí generace inteligentních textilií a jedná se o jejich nejvyšší stupeň. Textilie mohou cítit, reagovat a přizpůsobit se podnětům. To znamená, že mohou aktivně řešit situace, které ohrožují lidský život. Velmi inteligentní textilie se skládají z jednotky, která funguje na podobné bázi, jako je lidský mozek. Textilie poznávají, uvažují a aktivně řeší daný problém. Tyto druhy textilií jsou uplatňovány převážně ve válce, nebo tam, kde udržují vysoký komfort při extrémních změnách v oblasti životního prostředí. [7]

Termoregulační textilie

Uživatel oděvu od textilie vyžaduje tepelnou pohodu neboli tepelný komfort oděvu. „*Komfort je definován jako stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu, a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly. Subjektivně je tento pocit brán jako pocit pohody.*“ [11]

Lidské tělo má za úkol udržovat vnitřní teplotu lidského organismu v daném teplotním intervalu, na základě vyprodukovaného a odevzdaného tepla do okolního prostředí. [6,11]

Klasická vlákna mají určité nabíjení teplem, kde se při růstu teploty nahřívají a při poklesu teploty teplo odevzdají. Aby textilie dokázaly ohřát lidské tělo, je potřeba absorpce a uvolňování tepelné energie na základě fázových přechodů mezi táním a krystalizací. Materiály, které jsou tohoto schopny, jsou ozn. jako PCM. Nosiče PCM materiálů jsou vytvořeny do dutin vláken nebo na povrchu vláken. Rozpouštění PCM nosičů probíhá pouze v kapalném stavu. Dnes se tyto nosiče nejčastěji používají ve formě mikro kapslí, které se dají do polyakrylonitrilových vláken, která jsou zvlákňována z roztoku. Další možností je rozptýlení mikro kapslí v polyuretanové pěně. Mikro kapsle jsou poté nánosována na povrch textilie. Zabudováním grafitu do vláken docílíme toho, že textilie budou měnit elektrický odpor vlivem změny objemu vláken. Tato změna je ovšem také závislá na teplotě okolí. Při růstu teploty vlákna nabobtnají a částice se od sebe oddalují a elektrický odpor vzrůstá. Pokud probíhá ochlazení, nastává opačný jev. [6]

Chameleonské textilie

Chameleonské textilie vyzařují nebo pohlcují část barevného spektra, anebo pouze mění vratně svoji barvu na základě podmínek okolí. [6] Materiály, které mají chameleonský efekt barevně září, odstraňují barevné projevy, nebo je mění vlivem vnějšího působení. [15]

Materiály dělíme podle vnějších podmínek, na co reagují:

- Termochromní – reakce na změny teplot (viz Obrázek 1)
- Elektrochromní – reakce na změny elektrického proudu
- Piezochromní – reakce na změny tlaku
- Solvatochromní – reakce na změny kapalin nebo plynů
- Karsolchromní – reakce na změny elektronového svazku
- Fotochromní – reakce na změny světla



Obrázek 1 Termochromní textilie

Luminiscenční materiály

Luminiscenční materiály vydávají světlo pomocí vnějšího působení, zatímco barvivové materiály mění pouze svou barvu. [15]

Rozdělení luminiscenčních materiálů:

1) Fotoluminiscence je vybuzena světlem a má dva druhy materiálů. A to fluorescenční a fosforescenční, kdy základní rozdíl mezi nimi je v délce dosvitu. Fluorescenční materiály mají krátkou dobu dosvitu, zatímco fosforescenční materiály mají dlouhou dobu dosvitu. (viz Obrázek 2)

Fotoluminiscenční materiály se vyskytují ve dvou podobách, a to jako pevné látky nebo jako kapaliny. Fotoluminofory jsou nejvíce používány v textiliích na oděvech pro noční kluby, k označování materiálů při ozařování UV zářením a pro ochranu ve tmě. Dále jsou používány na pracovní oděvy při práci na silnici za šera, kdy je fotoluminiscence nanášena v podobě luminiscenčních inkoustů. [15]



Obrázek 2 Fotoluminiscence

2) Optikoluminiscence je vybuzena vedením světla. Nejvíce se používá v optických vláknech, kde jsou tyto vlákna používána v textilních výrobcích a dále se dají využít jako svítící obrazy. Vlákna jsou nejvíce používána v podobě přízí a jsou zavedena do módních oděvů, anebo jsou zavedena do přístrojů pro větší viditelnost.

3) Elektroluminiscence je vnější buzení elektrického pole.

4) Chemiluminiscence je vybuzení chemickými reakcemi. (viz Obrázek 3)

5) Mechanoluminiscence je vybuzena mechanickými reakcemi, třením, tlakem, apod.



Obrázek 3 Chemiluminiscence

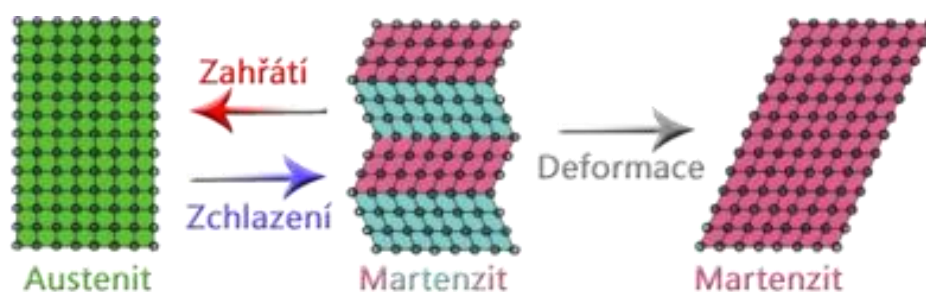
Textilie s tvarovou pamětí

Polymery s tvarovou pamětí (SMP) jsou materiály, které mohou být deformovány do dočasného tvaru, ale poté se vrátí zpět do původního stavu (viz Obrázek 4 a 5). SMP textilie mají nízkou hmotnost, dobrou zpracovatelnost, vysokou deformaci tvaru a vysokou tvarovou využitelnost. SMP textilie jsou hlavně uplatňovány v inteligentních textiliích a oděvech, ve zdravotnických prostředcích a dále jako snímače a akční členy. [12]

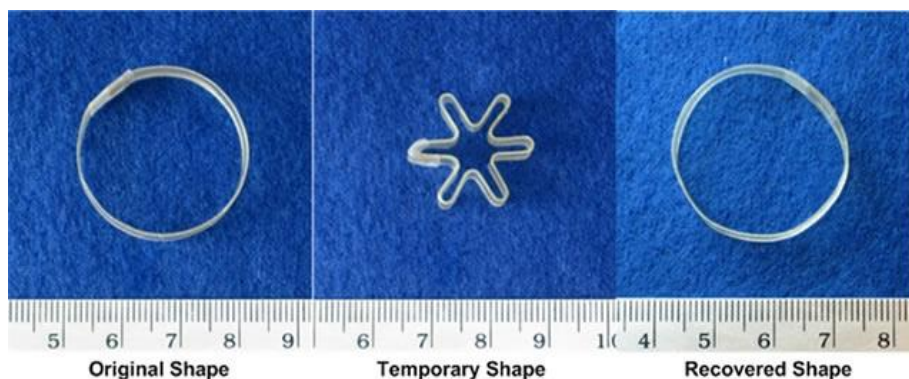
SMP materiály reagují na specifické vnější podněty prostřednictvím tvaru. SMP materiály jsou tvořeny polymerní sítí, která umožňuje aktivní pohyb, a proto se polymery s tvarovou pamětí musejí skládat z dvojích segmentů. Jeden segment je vysoce elastický a druhý je molekulární spínač nebo je na podnět citlivý, což umožňuje snížit tuhost podle daného podnětu.

Mezi vnější podněty, které působí na polymery a jejich kompozity patří teplo, které je nejběžnější a dále světlo, vlhkost a magnetismus. [16]

Materiály s tvarovou pamětí jsou stabilní v teplotních oblastech (stavech). Teplotní oblasti jsou odděleny přechodovými teplotami T_R . Materiály v různých stavech mají různé tvary. Používají se materiály, které mají pod teplotou T_R velkou deformační schopnost, nad touto teplotou se stávají tuhými a vracejí se do původního tvaru. [6]



Obrázek 4 Změna tvaru textilie



Obrázek 5 SMP textilie

2. Nositelná elektronika

Elektronická zařízení, která jsou upevněna na tělo člověka nebo na část oblečení se nazývají nositelná elektronika, neboli wearables. Mezi nositelnou elektroniku řadíme i oblečení, které je navrženo přímo s elektronikou tak, aby se mohlo používat přímo při nošení. [9]

Nositelná elektronika používá běžné technologie, aby se dala připojit elektronika k oblečení. Jelikož jsou funkční součásti objemná a pevná zařízení snažíme se je stále minimalizovat, aby nositelnost elektronických součástí byla co nejpohodlnější. [2]

Nositelná elektronika se tedy přizpůsobuje tvarem, rozměrem, druhem materiálů a celkovým návrhem zařízení lidskému tělu. Při nošení elektroniky je kladen důraz na bezpečnost a zodpovědnost k životnímu prostředí. Vybírají se netoxické a k životnímu prostředí příznivé materiály. Dále také materiály, které snášejí teplotní výkyvy a vlhkosti vzduchu při outdooru, materiály odolné vůči otřesům při chůzi nebo běhu a je zvýšená bezpečnost kvůli radiaci z mobilních telefonů. Zvýšený důraz je také na multi-tasking, kdy se neočekává od uživatele, že zanechá všeho, co právě teď dělá, aby mohl zařízení používat.

Mezi nositelnou elektroniku patří chytré hodinky, brýle s náhlavním displejem (HUD), helmy s rozšířenou realitou – Q-Warrior, senzory monitorující zdravotní stav člověka, outdoorové kamery s úchytem na helmu, elektronický textil, elektronika spojená s geocachingem a navigací, atd. [9]

Chytré hodinky

Chytré hodinky (smartwatches) jsou podobné běžným digitálním hodinkám a jsou ovládány dotykem. Chytré hodinky mají základní funkce, jako jsou stopky, budík, upozorňují na SMS zprávy a dále slouží jako doplněk k tabletu nebo chytrému telefonu. Hodinky jsou připojeny k tabletu nebo telefonu na dálku. To znamená, že pomocí hodinek můžeme tato zařízení ovládat. Můžeme např. zastavit film na tabletu nebo spustit hudbu na telefonu bez toho, abychom brali zařízení do ruky. Hodinky dokáží telefonovat na podobné bázi jako je bezdrátové handsfree. Pro spoustu lidí může být tento druh telefonování pohodlnější, jelikož nemusíte hledat telefon v tašce nebo po kapsách.

Pokročilejší modely mohou obsahovat i vlastní operační systém a tím rozšiřují funkce

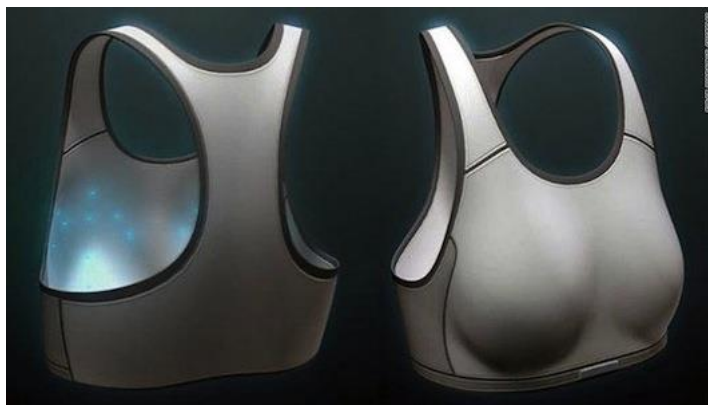
chytrých hodinek. Při rozšíření operačního systému je možné hrát na hodinkách jednoduché hry nebo číst elektronické knížky přímo z displeje hodinek. Podobné funkce jako mají fitness náramky, se vyskytují i u hodinek, jako je např. měření počtu kroků, ušlé vzdálenosti, spálených kalorií a měření srdečního tepu. (viz Obrázek 6) [10]



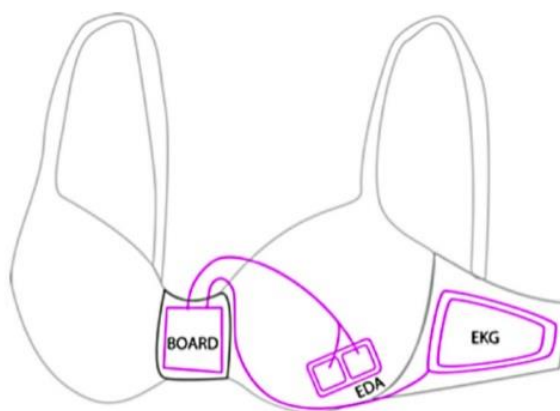
Obrázek 6 Chytré hodinky

Inteligentní podprsenka

Pro detekci mobilní mutace v prsu byla vyvinuta inteligentní podprsenka. Podprsenka je natolik citlivá, že dokáže rozeznat i ty nejmenší a začínající nádory, na rozdíl od mamografu až o 6 let dříve. V podprsence je zabudovaných 16 malých senzorů, které sledují teplo a tvar prsu. Pokud nastanou jen malé změny způsobené růstem krevních cév, podprsenka začne porovnávat hluboké tkáně se senzory bioinformačních profilů rakovinných tkání. Tato detekční upozornění pracují s 90% přesností. (viz Obrázek 7 a 8) [17]



Obrázek 7 Inteligentní podprsenka



Obrázek 8 Inteligentní podprsenka s viditelnými čidly

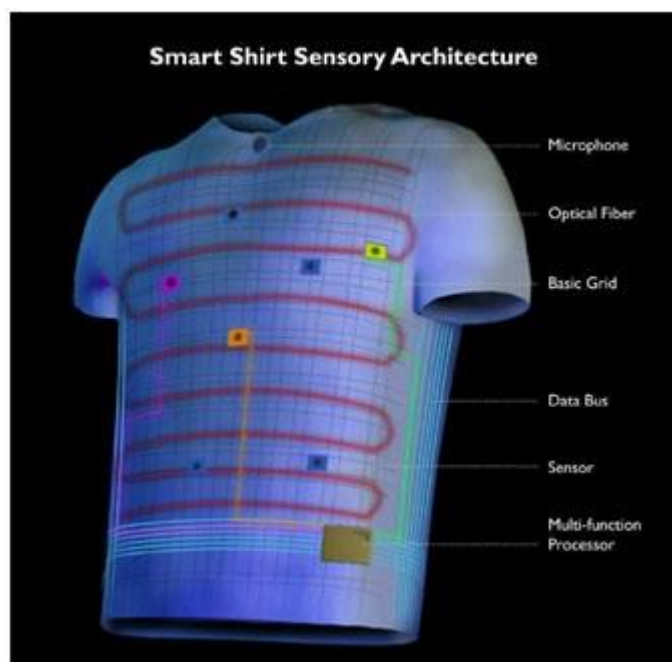
Inteligentní košile profesora Sundaresana Jayaramana

Inteligentní košile (GTWM) byla původně vytvořena pro vojáky v bojových podmínkách, kde byl monitorován zdravotní stav vojáka a jeho případná zranění. Sleduje se také dýchání, tělesná teplota, další životní funkce člověka. Anebo je možné zjišťovat nebezpečnost plynů. Nyní se inteligentní košile nepoužívá jen pro vojáky, ale jsou využívány v lékařství pro monitorování nemocí, u kojenců a atletů.

Na výrobu košile byly použity speciální inteligentní nitě, polymerní optická vlákna a čidla, která jsou zabudována dovnitř košile. (viz Obrázek 9 a 10) [18]



Obrázek 9 Inteligentní košile prof. Jayaramana



Obrázek 10 Inteligentní košile s viditelnými spoji

3. Optická vlákna

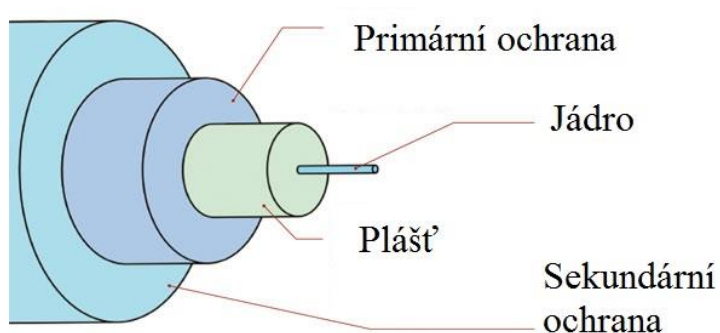
Optická vlákna (viz Obrázek 11 a 12) patří do skupiny pasivních inteligentních textilií a umožňují přenos optického záření o vlnových délkách. Tento typ vláken byl vyvinut pro přenos světla a informací. Optické vlákno je dielektrický vlnovod, který slouží k přenosu světla nebo infračerveného světla, podle rozhraní dvou prostředí, která mají rozdílný index lomu. Světlo nebo infračervené záření se přenáší podél své osy ve vnitřním odrazu vlákna. Podle mezního úhlu odrazu rozeznáváme, zda se paprsek zčásti láme a prostupuje z jednoho prostředí do druhého, nebo zda se z části odráží a vrací se zpět do prostředí. K přenosu dat dochází v jádru, proto je jádro označováno za nejdůležitější prvek vlákna. Index lomu jádra musí být vyšší než u pláště, jinak by nedocházelo k přenosu optického signálu. Podle délky vlnových délek rozeznáváme ultrafialové (UV), viditelné (VIS) a infračervené (IR) optické záření, kdy rozsah vlnových délek je dán konstrukcí, použitým materiálem jádra a pláště pro které je vlákno vyráběno. [13] [22]

Optická vlákna jsou plastová nebo skleněná a jsou umísťována do optických kabelů. Spojování vláken se nejčastěji prováděno svářečkou nebo gelovými spojkami. Propojovat můžeme vlákna mezi sebou nebo vlákna s konektory. Vlákna jsou využívána pro přenos dat na velké vzdálenosti a při velmi vysoké přenosové rychlosti. Výhodou používání vláken je jejich ohebnost a můžou se splétat do svazků jako kabely. Další výhodou je, že u těchto vláken nedochází k elektromagnetickému rušení. [22]

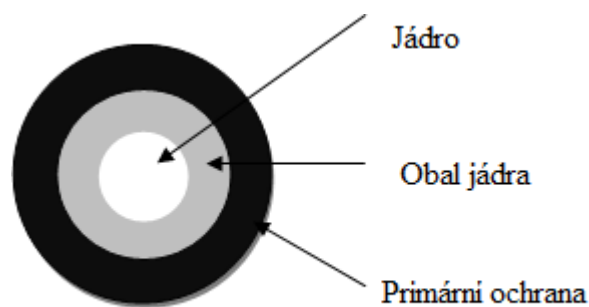
Běžné optické vlákno je složeno ze tří základních částí. A to jádra, pláště, primární a sekundární ochrany. Průměr jádra se pohybuje okolo 10 až 63 μm , což závisí na typu kabelu. V jádru dochází k šíření světelného paprsku. Obal jádra má za úkol chránit a zpevnit jádro. Plášť má průměr okolo 125 μm a slouží k tomu, aby se světlo z jádra nerozptylovalo přímo do okolí. Jádro je vytvořené z polymeru, který má vysoký index lomu. Plášť je vytvořen polymerní vrstvou, která má nízký index lomu. Tímto dochází k tomu, že světlo je vedeno uvnitř vlákna a pouze minimum vyzařuje z boku. Primární ochrana je vrstva, která slouží jako prvotní ochrana optického vlákna od nepříznivých účinků okolního prostředí. Primární vrstva je nejčastěji upravena tvrzeným akrylátovým lakem, jelikož jádro a plášť jsou velmi křehcí. Primární ochrana tedy brání poškození vnitřní části vlákna a zvyšuje odolnost proti ohybu. Její průměr spolu s jádrem a obalem jádra se pohybuje okolo 250 μm . Některá vlákna mohou být opatřena ještě sekundární vrstvou, která je tvořená z plastických

hmot a průměr vlákna je okolo 900 μm (samotná sekundární vrstva má v průměru okolo 400 μm). Tato vrstva tedy není u všech vláken, a to z toho důvodu, že zvyšuje jeho průměr. Na tuto vrstvu jsou navázány další vrstvy, které vlákno chrání před mechanickým namáháním a chemickým působení okolí. A vlákno je velmi odolné proti poškození. [14] [22]

Mezi výhody používání optických vláken oproti kovovým vodičům patří to, že vlákna mají méně zesilovačů na optické trase, odolnost proti elektromagnetickému křížení a přeslechům, a tím i bezpečnost přenosu. Dále velkou šířku pásma a elektrickou izolaci. [22]



Obrázek 11 Stavba optického vlákna



Obrázek 12 Průřez optickým vláknem

Optická vlákna dělíme do dvou skupin, a to na mnohovidová a jednovidová vlákna.

3.1. Mnohovidová optická vlákna

U mnohovidových vláken je používán generátor světla, který vytváří impulsy, které tvoří několik paprsků (vidů). Paprsky se odráží od obalu jádra pod různými úhly. Jelikož jednotlivé paprsky doráží k detektoru se zpožděním, což se týká vláken se skokovou změnou indexu lomu (viz Obrázek 15), tak dochází ke zkreslení signálu. Velikost použitých mnohovidových vláken v datových sítích je 50-125 μm v průměru a používají se přibližně na vzdálenost do 2 km. Vzdálenost nemůže být větší, jelikož narůstá zkreslení signálů s délkou vláken. U mnohovidových vláken s plynulou změnou indexu lomu (viz Obrázek 16) docházejí paprsky k detektoru přibližně ve stejný časový okamžik a vlákna jsou tvořena z tenkých vrstev. U tohoto druhu mnohovidových vláken platí, že čím je paprsek dál od osy jádra, tím je index lomu menší a paprsek se postupně vrací zpět do středu jádra. [14] [22]



Obrázek 13 Mnohovidová vlákna se skokovou změnou indexu lomu



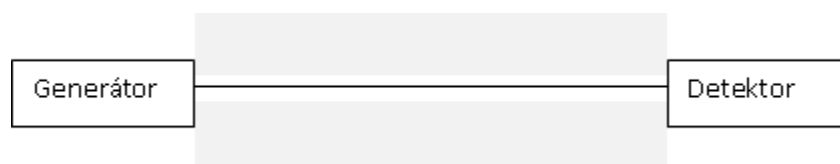
Obrázek 14 Mnohovioivá vlákna s plynulou změnou indexu lomu

3.2. Jednovidová optická vlákna

Jednovidová vlákna (viz Obrázek 17) jsou tvořena pouze jedním paprskem (videm), který se šíří podél osy jádra a odráží se při pohybu. Pro jednovidová optická vlákna se používají optické kabely. Pro generaci a detekci světla je zapotřebí kvalitnějších zařízení, než u mnohovidových vláken. U jednovidových vláken je používáný skokový index lomu a následný jejich útlum. Jako generátory jsou zde používány převážně polovodičové lasery.

Tyto vlákna je tedy vhodné používat na dlouhé trasy okolo 10 km, na vysoké přenosové rychlosti a jejich průměr je 9-125 μm . Nejvíce jsou tato vlákna využívání v telekomunikacích.

[14]



Obrázek 15 Jednovidová vlákna

4. Elektro-textilní rozhraní

Při výrobě inteligentního oblečení musíme brát v potaz, že elektronické produkty a textilní produkty mají rozdílné fyzikální vlastnosti a výrobní procesy.

Mezi jeden z hlavních problémů patří, že textilie jsou vyrobeny z krátkých nebo dlouhých vláken. Vlákná jsou pružná a tenká, kdežto elektronické součástky a polovodiče jsou z pevného anorganického materiálu nebo kovu. Jelikož jsou elektronické součástky a polovodiče z pevného materiálu a textilní produkty jsou pružné a mění svůj tvar při nošení, musí být elektronické součástky zapouzdřeny v pevných pouzdrech.

Další rozdíl je v elektrické vodivosti. Elektrické součástky mají své vlastní vodiče a polovodiče, kterými proudí elektrický proud od zdroje energie. Zatímco textilní vlákna jsou nevodivá. I když v posledních letech byly zavedeny do některých nových produktů vodivé příze nebo polymery, aby se zvýšila flexibilita a vodivost.

Třetí rozdíl je ve vzduchotěsnosti a voděodolnost. Elektronické přístroje neabsorbují kapaliny, jelikož by je poškodily. Je tedy důležité vzít v potaz, že elektronické systémy jsou neustále v kontaktu s kapalinami, ať už se jedná o pot či vodu, kdy oděvy musí být vyprány. Z tohoto důvodu je důležité, aby byla přijata jistá opatření a zapouzdření elektroniky bylo vodotěsné.

Jedním ze způsobů, jak dodávat energii do inteligentního oblečení je pomocí bezdrátového přenosu signálů. Jeden z problémů při bezdrátovém přenosu signálů je vysoká spotřeba energie a elektromagnetické rušení s jinými zařízeními, jako je např. lidské tělo. Ale za největší problém se považuje, jak stabilně dodávat energii k bezdrátové síti.

Pokud mají být elektronické součásti a textilie používány v jednom prostředí, musí se použít elektro-textilní platforma. *„Elektro-textilní platforma je definována jako infrastruktura, která sdílí elektroniku s textilií a je rozdělena do dvou kategorií.“*

První kategorií je mikro-platforma, která propojuje komponenty v relativně malém prostoru.

Druhou kategorií je makro-platforma, která slouží pro propojení s každým subsystémem celého oděvu. Jedná se tedy o propojení jednoho objektu na druhý.

4.1. Základní textilní snímače

Senzory rozdělujeme do čtyř základních skupin a to na fyzikální, chemické, elektrické a biologické. Pro inteligentní oblečení rozdělujeme senzory do dvou skupin a to na biomedicínské signály a na signály, které jsou vhodné pro životní prostředí.

Jelikož jsou oděvy nejbližší k lidskému tělu téměř po 24 hodin denně, jsou tedy vhodné v podobě platformy pro měření biomedicinských signálů aniž by nositele obtěžovali při nošení. Pomocí signálů je měřena teplota, dýchání, puls, EKG, a mnoho dalších.

Pomocí signálů pro životní prostředí je měřen plyn, vlhkost, teplota, ultrafialové záření, světlo, akustika, atd.

U sportovců se využívá především měření srdečního tepu, kde jsou informace, jako je např. fyzická aktivita, získávána z EKG, kde sportovec cvičí dle předepsaných cviků. Mezi další informace, které jsou během měření posuzovány, je např. měření variability srdeční frekvence, která je posouzena pomocí autonomního nervového systému

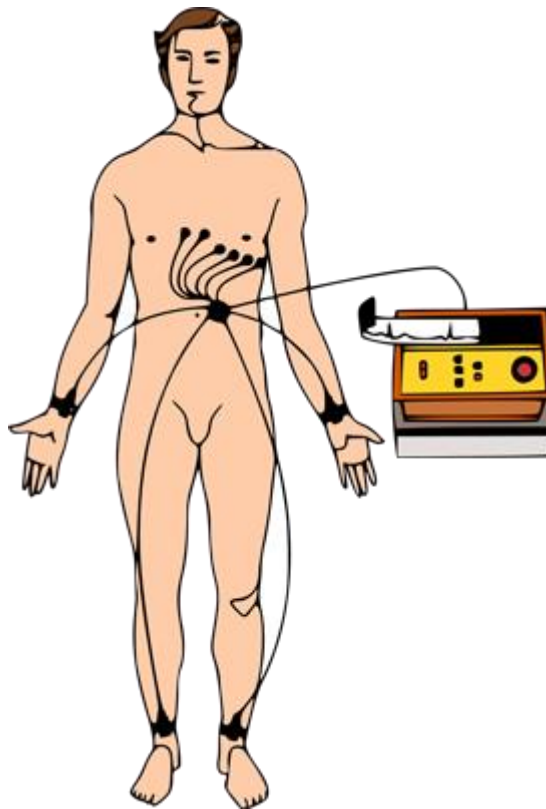
Inteligentní oděvy nedokáží stanovit diagnózu, proto je pro nositele důležité, aby jej inteligentní oděv dokázal informovat v případě, že bude potřebovat lékařskou pomoc.

[3]

Textilní elektrody

Mezi nejčastější biomedicínské textilní elektrody patří EKG, EEG, EMG a GSR. (viz Obrázek 18 – 21). V nemocnicích jsou používány jednorázové elektrody. Při měření se mezi elektrodu a pokožku nanáší gel, který sníží elektrický odpor a zároveň se elektroda upevní více na kůži. Nevýhodou gelové spojky je, že je obtížné ji použít v oděvu. Vědci se proto snaží najít jiný způsob, jak přenášet informace bez nepříjemných pocitů.

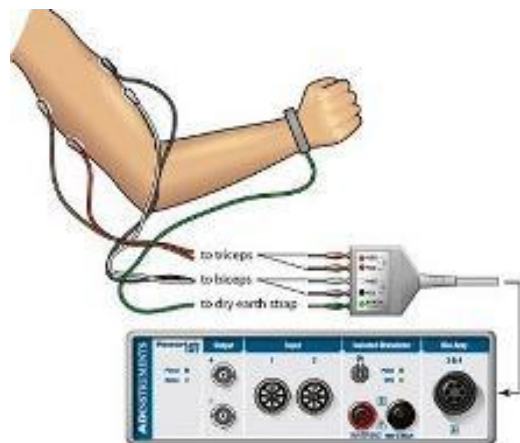
V inteligentních oděvech mohou být jako elektrody použity vodivé gemy, postříbřená polymerní pěna nebo pokovené tkaniny. V poslední době jsou nejvíce využívány tkaniny s vodivými polymery. Jako vodivý polymer je používán polyanilin nebo polypyrol.



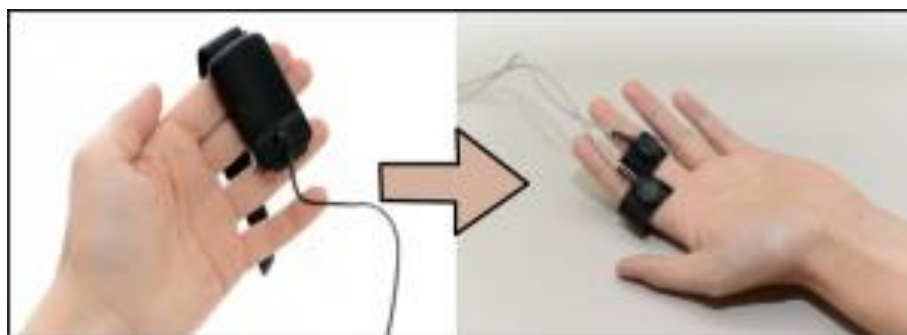
Obrázek 16 Měření pomocí EKG



Obrázek 17 Měření pomocí EEG



Obrázek 18 Měření pomocí EMG



Obrázek 19 Měření pomocí GSR

5. Tepelný komfort pro lidské tělo v klidu

5.1. Tělesná teplota

Jelikož dochází ke změnám teploty prostředí a tím dochází ke vzniku teplotního spádu, musíme také rozeznávat teplotu mezi vnitřním organizmem a jeho povrchem. Vnitřním organizmem rozumíme tělesné jádro, což jsou vnitřní orgány a tkáně v těle. Teplota tělesného jádra je 37°C za podmínek termofyziologického komfortu. Jako teplotu povrch organismu označujeme teplotu povrchu těla, tedy kůže. Teplota kůže je 33°C za podmínek termofyziologického komfortu. Termofyziologický komfort je přímo spjatý se schopností termoregulace organismu. Jedná se o rovnováhu mezi množstvím tepla vytvořeného organismem a odevzdaného tepla do okolního prostředí. Při dynamické rovnováze a normálních podmínkách okolního prostředí sdílená a vytvořená teplota kolísá teplo $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Teplota a její kolísání je také dáno dalšími aspekty, jako je např. stavba lidského těla každého jedince. U jednotlivců s robustnější postavou bude vnitřní teplota vyšší přibližně o 0,2-0,3°C než u jednotlivců hubenějších. Teplota směřuje z vnitra k povrchu těla a tím je dáno, že u otlejších jednotlivců je teplo zadržováno vrstvou tuku.

Při změně teploty pocítíme na povrchu těla změnu a rozeznáváme, zda pocítíme teplo nebo chlad. Nedá se ovšem mluvit o zimě nebo teple a tyto pocity mohou být matoucí, jelikož každý jedinec je jiný a někteří lidé jsou „otužilí“ nebo „zimomřiví“. [25]

5.2. Tepelné pocity

Jak už bylo zmíněno, pokud máme tělo v tepelné rovnováze, kdy svaly nevykonávají žádnou činnost, kůže je suchá - bez potu a teplota kůže se pohybuje kolem 33°C, můžeme pocítovat následující tepelné pocity nebo pocity chladu.

Člověk pocit tepla vnímá při zvýšeném pracovním nasazení, nebo pokud na tělo působí teplé nebo vlhké klima při nošení oděvů, které nemají ideální fyziologicko-hygienické vlastnosti. „*Fyziologicko-hygienické jsou definovány jako vlastnosti oděvů a oděvních materiálů pro hodnocení oděvního komfortu. Je to souhrn všech vjemů uživatele při nošení oděvu, kdy oděv pomáhá tělu udržet tepelnou rovnováhu a dává organismu pocit pohodlí.*“ Při pocitu tepla rozlišujeme mírné teplo, teplo a horko. Při zvýšené teplotě a začínajícím

pocením na okrajových oblastech, jako je dlaň, čelo a chodidla, tak hovoříme o mírném teplu. Mírné teplo způsobuje oděv s vyhovujícími fyziologicko-hygienickými vlastnostmi a můžeme v tomto oděvu nepřetržitě pracovat. [24]

Teplo, rozdíl od mírného tepla, se projevuje hlubšími pocity tepla po celém těle. Pot se objevuje jak na okrajových oblastech, tak se začíná vyskytovat i na zádech a hrudníku. V takovémto oděvu se dá pracovat pouze krátkodobě a fyziologicko-hygienické vlastnosti jsou na hranici mezi vyhovujícím a nevyhovujícím.

Horko jedinec pociťuje při přehřátí organismu a projevuje se intenzivní pocení a těžší dýchání. Při takovém intenzivním pocení dochází k tomu, že stékající pot zůstává na pokožce v podobě kapek a nestačí být odpařován a odsáván pryč z pokožky. Oděv je pro daný účel zcela nevhodný, jelikož má nedostatečnou paropropustnost tepla a vodních par. A dále má oděv nedostatečnou prodyšnost a jedná se tedy o diskomfort.

Pocity chladu vnímáme jako reakci na nízkou teplotu nebo nízké pracovní zatížení oděvu, který nemá fyziologicko-hygienické vlastnosti. A stejně jako u pocitu tepla, můžeme i pocity chladu dělit do tří skupin na mírné chladno, zima a tuhnutí.

Mírný chlad cítíme jako lokální mrazení na místech těla, která nejsou pokrytá oděvem nebo jsou pokrytá oděvem málo. Na těle se vytváří tzv. „husí kůže“. Mírný chlad může vyvolat studenější vzduch nebo nízká činnost práce po zvýšené aktivitě a zpocení. Při mírném chladu má oděv stále dostačující fyzicko-hygienické vlastnosti pro daný účel a lze v něm tedy neustále pracovat.

Při pocitu zimy se projevuje mrazení po celém těle, které doprovází také chvění svalů. Při pobytu, kde se teploty pohybují pod bodem mrazu, mrznou převážně prsty na nohou a rukou, dále tváře a uši. Fyziologicko-hygienické vlastnosti u jedinců vyvolávají pocity, které jsou na rozhraní mezi příjemným a nepříjemným. V tomto oděvu lze pracovat pouze krátkodobě nebo se dá zlepšit vhodnost oděvu zvýšenou fyzickou zátěží nebo vyšší klimatické podmínky. U pocitu tuhnutí dochází k celkovému hlubokému prochlazení a dochází k tuhnutí celých končetin (rukou a nohou). Fyziologicko-hygienické vlastnosti oděvu vyvolávají u jedinců pocit nevhodný pro použití a to převážně z důvodu špatných tepelně-izolačních vlastností.

5.3. Termoregulace kůže

Pokud je tělo schopno udržovat stálou tělesnou teplotu nazýváme to termoregulací. Tělo musí udržovat stálou teplotu, protože vyprodukované teplo nepřetržitě kolísá a to z důvodu, že dochází k jeho příjmu i ztrátě. Lidské tělo je samoregulační systém, kdy jeho fyziologický mechanismus zajišťuje rovnováhu mezi množstvím vytvořeného tepla a množstvím odevzdaného tepla do okolního prostředí. Tímto procesem je zachována stálá tělesná teplota. Průměrná tělesná teplota se v těle může měnit, za podmínek, že se hromadí teplo v těle nebo rychle uniká. [24]

5.4. Teplota a vlhkost vzduchu pod oděvem

Teplota mezi povrchem těla a první oděvní vrstvou je pro osobu, která je v klidu okolo 30°C. Ovšem pro osobu, která vykonává nějaký pohyb nebo činnost je tato teplota okolo 15°C. Při testování musíme tedy rozlišovat hodnocení výsledků zcela odlišně podle toho, ve které situaci se nacházíme. Při testování musí být zvolen vhodný materiál oblečení, který udrží teplo v chladu, kdy je zapotřebí dostatečný tepelný odpor. Dále je důležitá prodyšnost u větrných podmínek a dále při fyzické aktivitě schopnost odvodu nebo zvýšení množství tepla a to vše za podmínky udržení tepelného komfortu. [24, 25]

Relativní vlhkost pod oděvem v mikroklimatu je v rozmezí 35-60% pro stav fyziologického komfortu. Pokud je teplota v mikroklimatu vyšší, tak vlhkost pod oděvem může být nižší než je vlhkost okolního vzduchu. Důležité tedy je, aby vlhkost vzduchu, která je pod oděvem, byla odváděna pryč z povrchu těla a to do okolního prostředí. [25]

5.5. Prostup vlhkosti

Difúze je prostup vlhkosti, neboli potu z povrchu pokožky do okolního prostředí skrz oděvní systém, póry. Jedná se tedy o rozptylování vlhkosti v prostoru. Prostup vlhkosti z povrchu kůže, přes oděvní systém do okolního prostředí, tedy do prostředí s nižší koncentrací je zakreslený na obrázku 22. Zvýšení difúzního odporu probíhá při úzkém a dlouhém póru ve struktuře (pleteniny nebo tkaniny). Čím je tedy pór delší a užší, tak tím je vyšší difúzní odpor. [23]

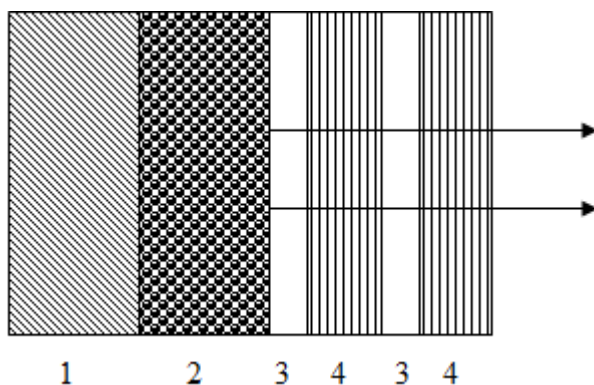
Proces, kdy se vlhkost přenáší z prostředí s vysokou koncentrací do prostředí s nižší koncentrací probíhá bez jakékoliv formy a využití energie. Mezi přirozenou vlastnost látek patří

to, že se částice látek mohou pohybovat a tím se rozptylují do celého prostoru.

Velikost prostoru, do kterého se mohou částice látek roztáhnou je omezená jejich dosahem.

Pokud částice tohoto prostoru dosáhnou, postupně ve všech částech prostoru vyrovnávají svou koncentraci a tím látky difundují. [23]

Difúzní odpor je tvořen u každé vrstvy oděvu (košile, svetr, podšívka, sako, atd.) a jednotlivé části se sčítají. Dále se musí také počítat s tím, že mezi jednotlivými vrstvami oděvu vznikají vzduchové mezivrstvy. Tyto vzduchové mezivrstvy vytváří odpor.



Obrázek 20 Prostup vlhkosti do okolního prostředí

1 – Povrch lidského těla kůže

2 - Vlhkost (pot) na povrchu kůže

3 – Vzduchová mezivrstva

4 – Oděv (spodní prádlo, svetr)

5.6. Vrstvené oblékání

U sportovních oděvů se klade důraz na to, aby se u vrstveného oblékání jednotlivé vrstvy oděvů nenarušovaly. Důležité tedy je, aby jednotlivé vrstvy na sebe navazovaly a nakonec se propojily jako celek. U vrstveného oblékání se snažíme docílit tepelně izolační vrstvy, sucha a tepla. Dále se snažíme udržet si tzv. mikroklima těla. [23]

Vrstvení oděvů je vhodné dělit do tří vrstev a to do transportní, izolační a ochranné vrstvy. Každá z těchto vrstev má jinou funkci, ale dohromady tvoří jeden výkonný celek. Transportní neboli také sací vrstva je nejbližší pokožce a doléhá na ni. Jejím úkolem je udržet pokožku suchou a udržet u ní pohodlné mikroklima. Odvádí tedy tělesnou vlhkost (pot) od pokožky a tímto zůstává tělo v tělesném komfortu. Tato vrstva musí být vyrobená

z materiálů, které vlhkost neabsorbují, ale transportují. Teplo nám zajišťuje izolační vrstva a to především v případech, kdy transportní nebo ochranná vrstva nejsou příliš teplé.

Tato vrstva udržuje tělesnou teplotu tak, že akumuluje tělesné teplo. Podmínkou ovšem je, že tato vrstva musí být zároveň i paropropustná.

„Paropropustnost je definována jako prostup vodní páry, neboli potu skrz oděvní systém, přes spodní prádlo, triko, svetr či bundu od nositele do okolního prostředí.“

Paropropustnost je u oděvů důležitá z toho důvodu, aby se nehromadil vyprodukovaný pot a přebytečné teplo v oděvech. Pokud by se tak dělo, tělo by se ochlazovalo a nebylo by to pro člověka komfortní. [23]

Ochranná vrstva neboli svrchní vrstva, poskytuje ochranu proti nepřízní klimatických podmínek jako je déšť, sníh nebo vítr aniž by docházelo k pocení (kondenzaci par) uvnitř oděvů. Vrstva je tedy nepromokavá a dále musí být paropropustná. Pokud by vrstva nebyla paropropustná, docházelo by ke hromadění tělesné vlhkosti a izolační vrstva by navlhala. [23]

Dílčí závěr

Pro vrstvené oblékání je důležité, aby byla vlhkost odváděna pryč z těla přes oděvní systém a člověk se tak cítil v teple, suchu a komfortu. Pokud by se tak nedělo, tělo člověka by se ochlazovalo a člověk by se cítil v diskomfortu. Cílem práce tedy bylo zjistit, zda se při zátěži proband bude cítit komfortně nebo diskomfortně. Při vrstveném oblékání bereme ohled na vzduchové mezivrstvy, které vytváří odpor a jsou mezi jednotlivými oděvy. Důležité tedy je, aby se jednotlivé vrstvy oděvů nenarušovali a propojily se v celek.

Praktická část

Praktická část této práce je zaměřena na výzkum a testování u oděvů určených pro sport. Cílem práce bylo zjistit komfort oděvních vlastností při nošení v podmínkách užívání. Podmínky užívání jsou dány klimatickými podmínkami v prostředí a sportovním výkonem nositele, probandem. Simulace venkovního prostředí při zátěžovém testu byla provedena v laboratorním prostředí fyziologického komfortu za podmínek teploty $20 \pm 2^\circ\text{C}$ a vlhkosti $65 \pm 5\%$. Měření probíhalo na dvou oděvních souborech (soubor A a soubor B). Každý oděvní soubor obsahoval tričko, mikinu a bundu. Měření bylo prováděno ve třech opakováních na jednom probandovi. Diskomfort byl určen z výsledků měření a dále vyplněním dotazníku probanda. Tyto dvě hodnoty diskomfortu byly následně porovnány mezi sebou. Ukázka dotazníku pro subjektivní hodnocení probandem je přiložena v příloze. Cílem bylo monitorování teploty a vlhkosti při zátěžovém testu za stejných podmínek.

Praktická část práce je rozdělena na dvě části, kdy v první části jsou popsány oděvy, a v druhé části je popsán samotný experiment.

Rozbor testovaných oděvů

Tričko A

Barva: Černá

Materiál: 95% Polyester
5% Elastan

Mikina A

Barva: Červeno - černá

Materiál: 100% Polyester

Bunda A

Barva: Černo – fialová

Materiál: 100% Polyester

Tričko B

Barva: Modrá

Materiál: 92% Polyester
8% Elastan

Mikina B

Barva: Černá

Materiál: 88% Polyester
12% Elastan

Bunda B

Barva: Růžovo – šedá

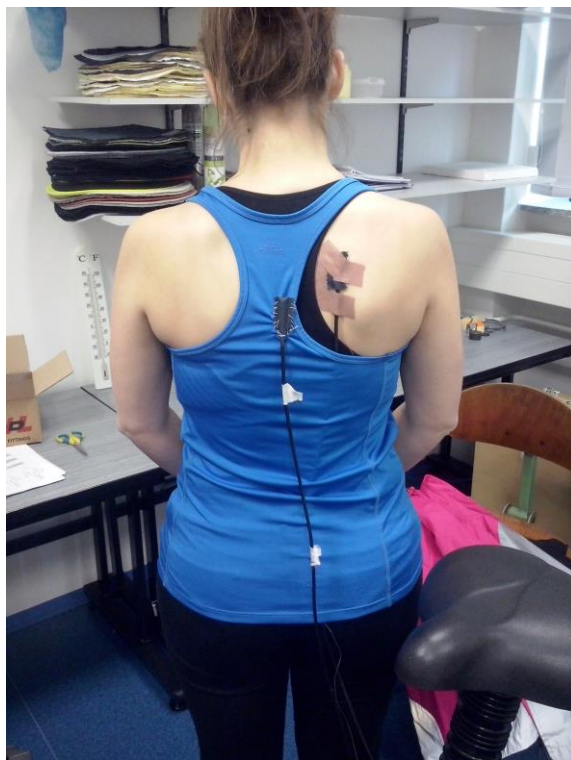
Materiál: 100% Polyester

6. Experiment

Experiment probíhal v laboratorním prostředí pro fyziologický komfort, kde bylo cílem monitorovat teplotu a vlhkost při zátěžovém testu. Fyzická zátěž probanda byla v rozmezí tepové frekvence 140-145 tepů za minutu po dobu zátěže 30 minut. Klimatické podmínky v laboratoři byly zvoleny dle normy ČSN EN ISO 139. Teplota v místnosti byla dle normy $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkost vzduchu $65 \pm 5\%$. Pro experiment byly využity následující zařízení:

- Rotoped
- Vlhkoměr Almemo
- Čidla relativní vlhkosti, tepla a rosného bodu
- Klimatizační zařízení

Jednotlivá čidla pro každou vrstvu oděvu byla umístěna na záda v oblasti páteře + 2 ~ 5 cm, jako je vidět na obrázku 23. Umístění čidel na každé oděvní vrstvě pro oba oděvní systémy je uveden v příloze viz obrázek 26 – 30.



Obrázek 21 Umístění čidel na těle a tričku oděvního systému A

Příprava experimentu

Na jednotlivé oděvní vrstvy byly našity čidla pro měření vlhkosti a teploty, která byla uložena do ochranného textilního obalu. Jednotlivé testy oděvních vrstev byly prováděny ve třech opakováních. Před samotným testem, byl vždy proband aklimatizován v laboratorní místnosti po dobu 10 minut. Samotný zátěžový test probíhal 30 minut a dále následovala relaxace po dobu 10 minut.

Zkoušky byly provedeny v následujících krocích:

- Příprava testovaného oděvu – našití čidel
- Příprava probanda
- Příprava měřicího zařízení
- Příprava dotazníku
- Měření při zátěžovém testu
- Zodpovězení dotazníku probandem



Obrázek 22 Proband při jízdě na rotopedu

6.1. Vyhodnocení zátěžového testu

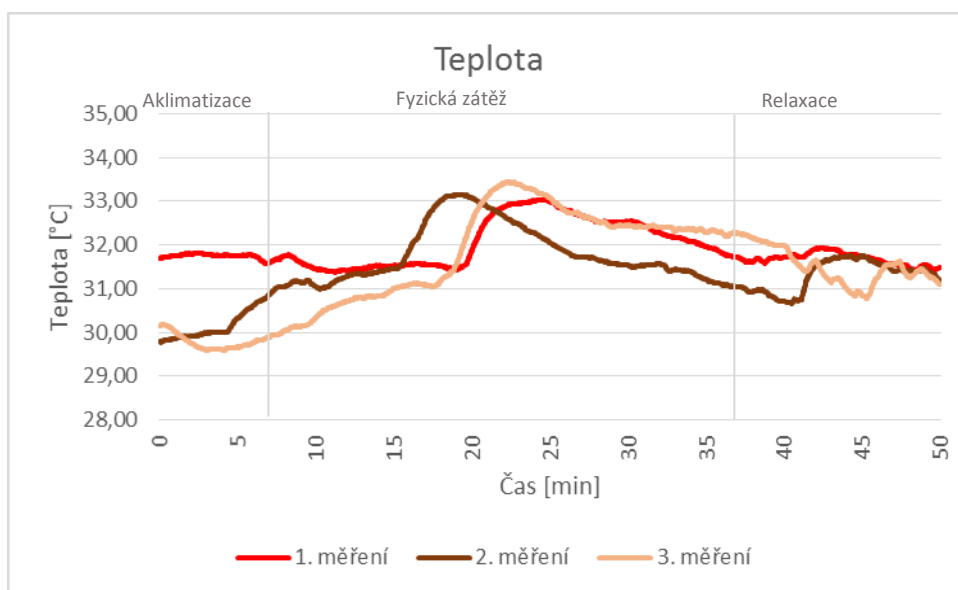
Teplota a vlhkost byly měřeny na přístroji Almemo u každé vrstvy oděvního systému. Tyto vlastnosti byly monitorovány po celou dobu experimentu a zároveň byly zaznamenávány subjektivními pocity oděvního komfortu probanda do dotazníku. Dotazník byl vyplněn v průběhu aklimatizace probanda, který byl v klidu a v klimatizované místnosti. Dále byl dotazník vyplněn v průběhu fyzické zátěže na rotopedu při tepové frekvenci 140 tepů/minuta po dobu 30 minut a také po ukončení fyzické zátěže v průběhu relaxace. Proband hodnotil své pocity pomocí stupňové škály od 1 do 5, kde 1 představuje nepohodlí a nepříjemné pocity.

Na tělo probanda byla přidělena dvě čidla, pomocí náplasti na tělo, s ozn. 0 a 4. Čidlo 0 měřilo pouze teplotu na těle probanda, zatímco čidlo 4 měřilo hodnoty jako ostatní čidla, která byla přidělena na oděvy, a to teplotu, vlhkost a rosný bod.

Oděvní systém A

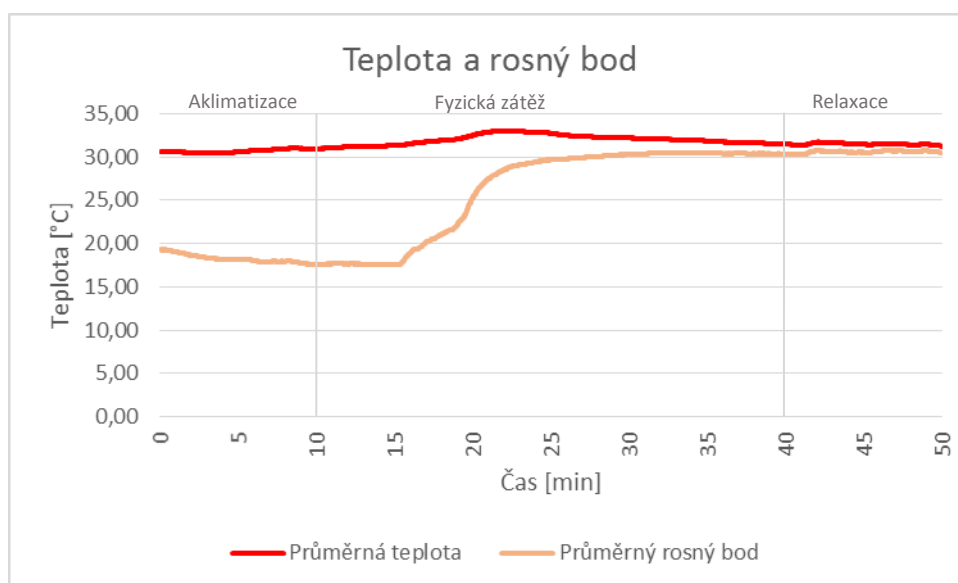
U jednotlivých grafů pro oděvní systém A můžeme určitě průběh teploty a vlhkosti pro každou oděvní vrstvu zvlášť. Při bližším pozorování můžeme říci, že s přibývajícimi vrstvami oděvů teplota klesá.

Při porovnání grafů je zřejmé, že nejvyšší dosažená teplota je na povrchu těla probanda (viz příloha graf 9 a 10), kde se teplota pohybuje v rozmezí 35,5 -36,5°C při fyzické aktivitě. V klidu je tato teplota v rozmezí 33 – 35°C. U trička (viz graf 1) se teplota při prvním měření v průběhu aklimatizace pohybuje kolem 32°C a v polovině fyzické zátěže dosahuje 33°C. Teplota při aklimatizaci u druhého a třetího měření je kolem 30°C a v průběhu fyzické zátěže překročí teplotu 33°C. Při dosažení nejvyšší teploty v průběhu fyzické zátěže probanda teplota všech měření klesá a v průběhu relaxace se pohybuje v rozmezí 31 – 32 °C. U mikiny jsou po celou dobu testu první a třetí měření téměř stejná, kdy jejich teplota v průběhu aklimatizace je okolo 28°C a postupně roste k 30°C. V průběhu relaxace se teplota ustálila na 29°C. Druhé měření mělo začáteční hodnoty obdobné jako další dvě měření. Ovšem v polovině fyzické zátěže teplota razantně klesla z 29,5°C na 20°C, kde se ustálila i po dobu relaxace (viz příloha graf 11). Teplota u bundy byla od počátku testu u každého měření rozdílná. Přibližně po 10 minutách fyzické zátěže si byly teploty z prvního a druhého měření bližší, ovšem oproti tomu teplota ze třetího měření byla nižší asi o 1°C. V průběhu relaxace byly teploty opět rozdílné u všech měření (viz příloha graf 12).



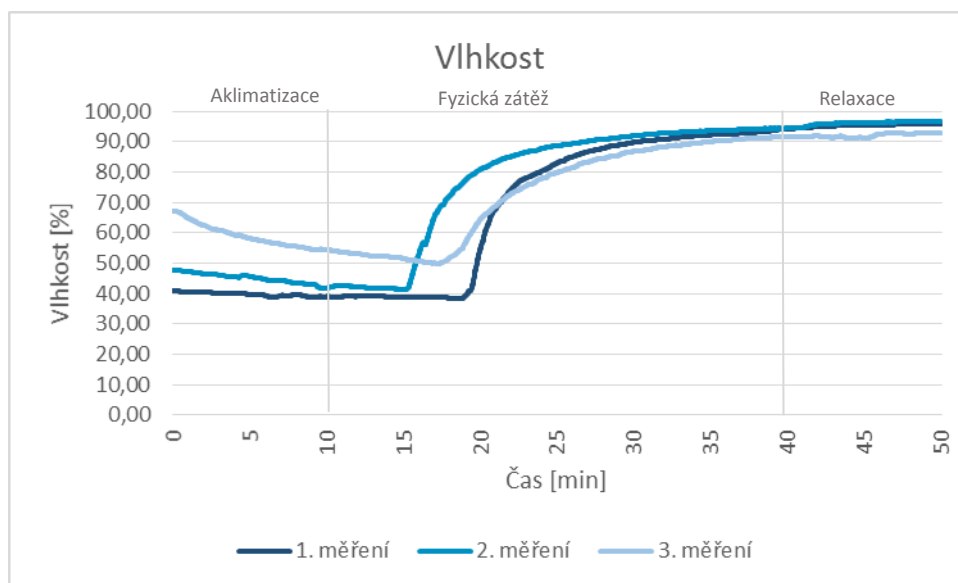
Graf 1 Průběh teploty u trička A

Teplota jednotlivých oděvních vrstev byla dále porovnávána s teplotou rosného bodu, viz graf 2, ostatní grafy jsou vloženy v příloze (graf 13 - 15). Z jednotlivých grafů je patrné, že teplota rosného bodu začíná stoupat a přibližovat se k teplotě na jednotlivých vrstvách po 10 minutách fyzické zátěže. Teplota rosného bodu je nižší o 1-2°C než je teplota na těle probanda a na tričku. Průběh teploty rosného bodu v polovině fyzické zátěže kopíruje linii teploty na těle probanda a na tričku, ale nepřekročí ji. U mikiny a bundy je rozdíl mezi teplotami 5°C. Z těchto grafů je tedy zřejmé, že s přibývajícimi oděvnými vrstvami teplota rosného bodu je nižší.



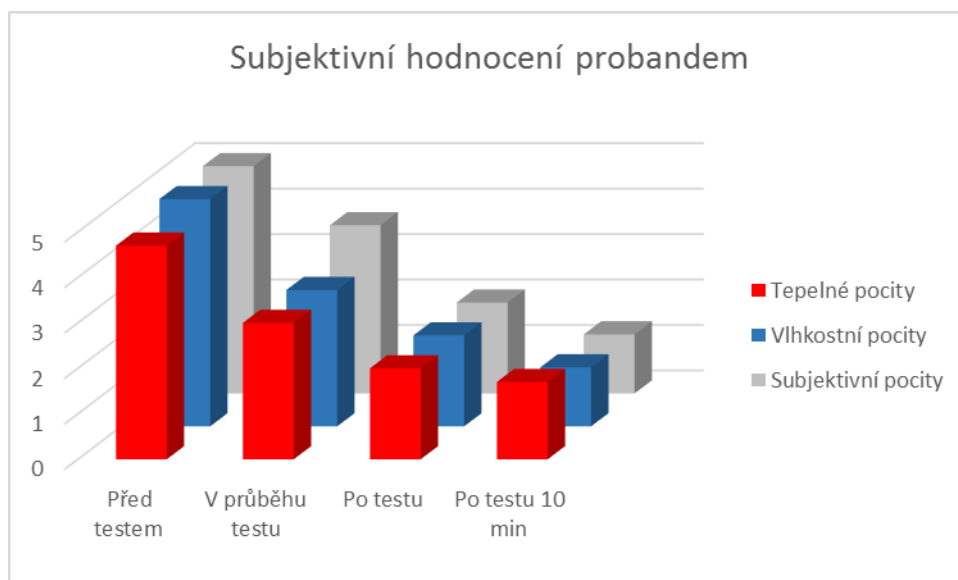
Graf 2 Průměrná teplota a rosný bod u trička A

Nejvyšší dosažená vlhkost byla naměřena na těle probanda a na tričku. Na těle probanda byla vlhkost při prvním a druhém měření v průběhu aklimatizace kolem 40%, při třetím měření byla vlhkost vyšší (60%). Zvýšená vlhkost u třetího měření je způsobena vyšší vlhkostí v klimatizované místnosti, která dosahovala 64,1%. Po 10 minutách fyzické zátěže všechny hodnoty měření stouply na 90% vlhkosti a tato vlhkost zůstala i při relaxaci (viz příloha graf 23). Zvýšená vlhkost v místnosti během testu se odrazila i u třetího měření na tričku a na mikině. Podobný průběh vlhkosti jako byl naměřen na těle probanda, byl naměřen i u trička (viz graf 3). Hodnoty v průběhu aklimatizace u mikiny byly podobné, jako byly naměřeny u předešlých vrstev. V průběhu fyzické zátěže při prvním a třetím měření hodnoty vlhkosti pozvolna stouply až na 80% a posledních 10 minut zátěže vlhkost klesala k 60 %, kde se v relaxaci ustálila. Při druhém měření došlo po 10 minutách zátěže k propadu vlhkosti o 40% a poté se vlhkost ustálila na 50% až do konce měření (viz příloha graf 24). Při měření vlhkosti u bundy byla vlhkost ze třetího měření stále vyšší než u předešlých dvou měření. Vlhkost byla ovšem vyšší pouze o 10%. Vlhkost u bundy měla po celou dobu měření pozvolný růst. U druhého měření byla nejvyšší vlhkost 65,5% na konci fyzické zátěže a průběhu relaxace stoupla až na 70%. První a třetí měření na konci fyzické zátěže dosáhlo k 80% vlhkosti a dále a v průběhu relaxace se teplota na této hodnotě ustálila (viz příloha graf 25).



Graf 3 Průběh vlhkosti u trička A

Hodnoty teploty a vlhkosti z přístroje Almemo můžeme porovnat s dotazníkem, který byl pokládán probandovi během testování. Proband hodnotil teplotu, vlhkost a subjektivní celkové pohodlí při zátěži před testem, během testu, po testu a 10 min po testu a dále určoval lokality na těle, kde se nejvíce potí. Z grafu 4 (viz příloha) lze určit, že pro oděvní systém A teplota, vlhkost i pohodlí při nošení (zátěži) se zhoršují. Proband před samotným testem nevnímal žádnou teplotu ani vlhkost a oděv hodnotil při nošení jako příjemný, nelepící se na tělo s pocitem sucha. V průběhu testu, tedy po 15 minutách fyzické zátěže, byla teplota a vlhkost vnímány mírně zvýšeně a pohodlí při nošení bylo označeno za příjemné, nelepící se na tělo, ale s pocitem vlhka. V průběhu fyzické zátěže určil proband následující místa diskomfortu, a to čelo, krk, prsa a pod prsy, celá záda a zápěstí. Na konci fyzické zátěže (po testu) byla vlhkost a teplota vnímána jako silně zvýšená. Subjektivní hodnocení celkové pohodlí bylo určeno za nepříjemné, lepící se na tělo s pocitem vlhka. Na konci fyzické zátěže byl proband nejvíce zpocený na zádech a to hlavně v oblasti beder, dále na hrudi a břišku, na zápěstí, čele a na krku. V průběhu relaxace, tedy po testu 10 min, teplota zůstala na stejné hodnotě jako po testu a tedy jako silně zvýšená. Vlhkost ovšem stoupla a pocit vlhkosti byl určen jako nepohodlný. Celkový pocit při nošení byl vyhodnocen probandem jako nepříjemný, lepící se na tělo s pocitem mokra. V průběhu relaxace se vlhkost na těle proband zmenšovala a proband určil jako diskomfort následující oblasti na těle a to lehce krk, hrudník, lehce záda a zápěstí.



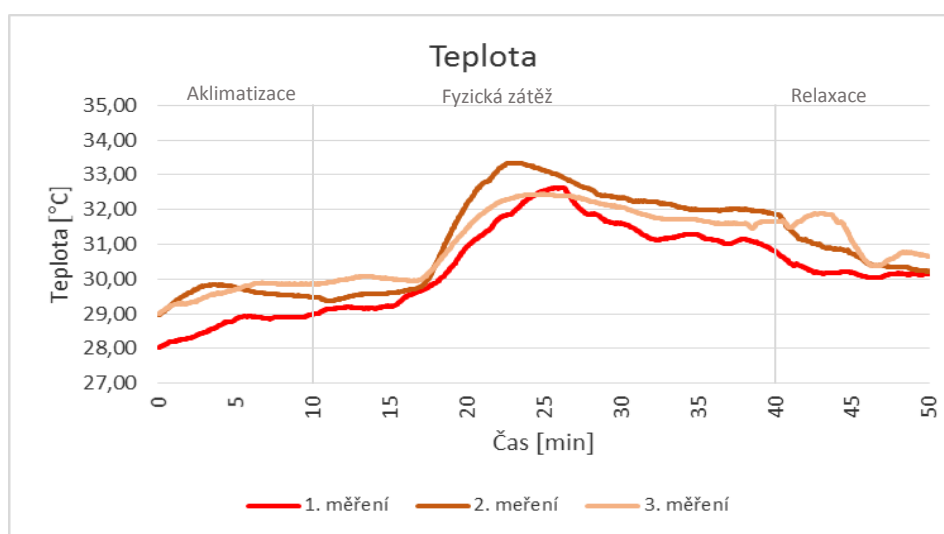
Graf 4 Subjektivní pocity komfortu hodnocené probandem pro oděvní systém A

Dílčí závěr

Z jednotlivých grafů lze určit, že teplota s přibývajícimi oděvními vrstvami klesá, zatímco vlhkost je u všech vrstev bez většího rozdílu. V průběhu aklimatizace se všechny hodnoty ustalují a proband necítí žádné teplotní ani vlhkostní příznaky. V průběhu fyzické zátěže teplota a vlhkost stoupají u všech oděvních vrstev, ovšem nejvyšší hodnoty jsou naměřeny na těle probanda a dále na tričku. S tímto také proband uvedl, že teplotu a vlhkost cítí mírně zvýšenou, ale celkové pohodlí oděvu při nošení je pohodlné s pocitem vlhka. V době relaxace teplota klesá a probandem je hodnocena jako silně zvýšená. Vlhkost u všech oděvních vrstev stoupá nebo se ustaluje, ovšem u mikiny klesá. Proband vlhkostní pocity označil jako silně zvýšené až nepohodlné. Při hodnocení celkového pohodlí je oděvní systém A v průběhu relaxace hodnocen jako nepříjemný, lepící se na tělo s pocitem vlhka. Z jednotlivých grafů pro teplotu a teplotu rosného bodu lze určit, že s přibývajícimi oděvními vrstvami teplota rosného bodu je nižší.

Oděvní systém B

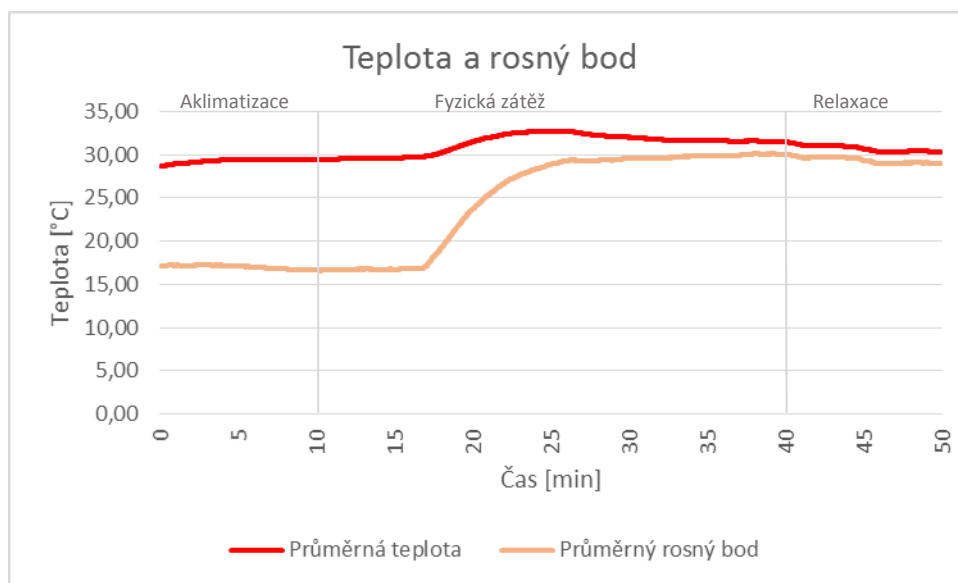
Z jednotlivých grafů pro oděvní systém B, je zřejmé, že nejvyšší dosažená teplota je na těle probanda, kde se teplota pohybuje okolo 33 – 35 °C v klidu (viz příloha graf 16 a 17). Dále z grafů vyplývá, že s přibývajícimi oděvními vrstvami teplota klesá. U oděvních vrstev se teplota pohybuje kolem 27°C v klidu. Přesněji je to u trička v rozmezí mezi 28-30°C, u mikiny kolem 27-30°C a u bundy v rozmezí 25-28°C. V polovině fyzické zátěže byla u trička naměřena nejvyšší hodnota přes 33°C a nejnižší o stupeň méně. A dále teplota klesala k 30°C, kde se i v relaxaci postupně ustaluje (viz graf 5). V průběhu fyzické zátěže u mikiny byla nejvyšší teplota naměřena skoro 32°C. Nejnižší teplota byla naměřena 20°C a to po následném prudkém pádu teploty z 31,5°C (viz příloha graf 18). Teploty u bundy byla v první polovině fyzické zátěže u každého měření rozdílná, ale v druhé polovině jsou si hodnoty už bližší. V první polovině se teploty pohybovaly v rozmezí od 23,5°C až do 27°C, zatím co se v druhé polovině fyzické zátěže teploty začaly pohybovat v rozmezí od 25°C od 26°C (viz příloha graf 19).



Graf 5 Průběh teploty u trička B

Stejně jako u oděvního systému A, tak i u oděvního systému B byly porovnány teploty oděvních vrstev s teplotou rosného bodu, viz graf 6. Ostatní grafy pro porovnání teploty s rosným bodem byly vloženy do přílohy (viz graf 20 – 22). Jednotlivé grafy ukazují, že teplota rosného bodu začíná stoupat po 5 minutách fyzické zátěže a v polovině zátěže se teplota ustaluje. Teplota na těle probanda a na tričku byla vyšší přibližně o 1-2°C, než byla teplota rosného bodu u těchto vrstev. Stejně jako tomu bylo u mikiny a bundy A, tak i u miki-

ny s bundou B jsou teploty rosného bodu o přibližně 5°C nižší než teplota na oděvech. Na obrázku 25 je vyobrazená bunda B, na kterou jsou viditelné kapky. Tyto kapky nám potvrzují výskyt rosného bodu.

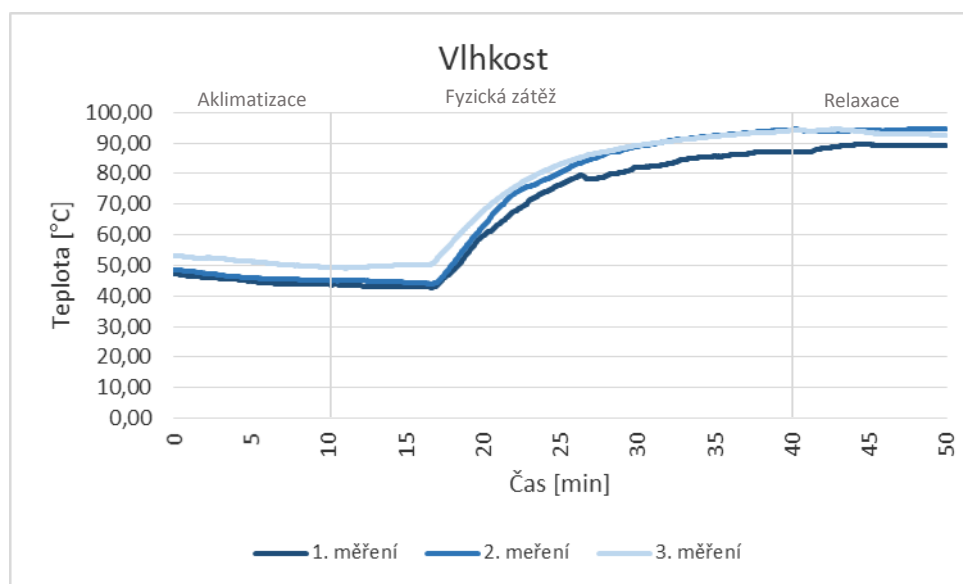


Graf 6 Průměrná teplota a rosný bod u trička B



Obrázek 23 Rosný bod na bundě B

Dále z jednotlivých grafů můžeme také porovnat hodnoty vlhkosti, kdy na těle probanda se vlhkost v klidu pohybovala kolem 40% a při zátěži vystoupala až na 90% (viz příloha graf 26). U trička byla počáteční vlhkost, tedy vlhkost při aklimatizaci kolem 50% a při fyzické námaze rostla až na 90% (viz graf 7). U mikiny byla vlhkost před začátkem fyzické námahy mezi 40 a 50%. V průběhu testování při prvním měření došlo po 5 minutách u fyzické zátěže k výkyvu vlhkosti po dobu 5 minut. Poté se vlhkost ustálila na 50 %. U druhého měření vlhkost postupně rostla až na 80%, kde se k této hodnotě dostala až ke konci fyzické aktivity. Při zátěži u třetího měření byla hodnota po dobu 5 minut konstantní s aklimatizací, poté začala vlhkost stoupat a v polovině fyzické na hodnotu 80% (viz příloha graf 27). U bundy bylo první a druhé měření téměř totožné, kdy počáteční vlhkost byla kolem 40% a postupně stoupala k 70 %. V průběhu relaxace vlhkost ještě stoupla k hodnotě 80%. Třetí měření mělo počáteční vlhkost vyšší v průběhu aklimatizace 50%, což bylo způsobeno zvýšenou vlhkostí v klimatizované místnosti. V průběhu fyzické zátěže mělo třetí měření hodnoty obdobné s předchozími dvěma měřeními (viz příloha graf 28).

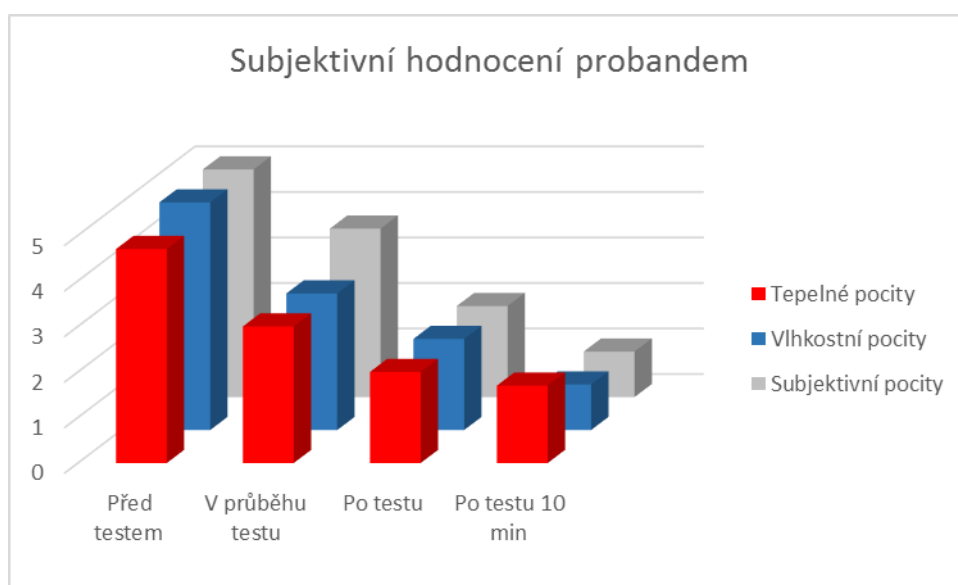


Graf 7 Průběh vlhkosti u trička B

Stejně jako u oděvního systému A, tak i u oděvního systému B můžeme porovnat hodnoty z přístroje Almemo se subjektivním hodnocením probanda. Z grafu 8 lze stejně jako u oděvního systému A určit, že vlhkost, teplota a pohodlí při nošení hodnocené probandem se v průběhu zátěže a relaxace zhoršují. Před testem proband teplotu a vlhkost nevnímal žádnou. Celkové pohodlí při nošení bylo hodnoceno jako příjemné, nelepící se na tělo

s pocitem sucha. V průběhu fyzické zátěže teplotní a vlhkostní vnímavost byla silně zvýšená a celkový pocit při nošení byl neutrální, tedy lepící se jen místy na tělo. Proband také uvedl, že se začíná potit na čele a krku, dále má zpocená prsa a pod prsy, celá záda a zápěstí.

Na konci testu proband vyhodnotil tepelnou vnímavost jako silně zvýšenou. Vlhkost byla už nepohodlná a to se odrazilo i v celkovém pohodlí probanda, kdy se proband cítil nepříjemně, oděv se lepil na tělo a měl pocit mokra. Na konci testu měl proband zpocené čelo, silně krk, celou hrud' i s bříškem, celá záda (nejvíce v oblasti lopatek) a celé ruce. Stejný pocit měl proband i po testu 10 min., kdy se stále cítil nepříjemně, oděv se mu lepil na tělo a měl pocit mokra. Teplotní a vlhkostní vnímavost se také zhoršovala a byla označena jako nepohodlná. V době relaxace se vlhkost na těle snižovala. Proband měl ovšem stále zpocený lehce krk, prsa a lehce pod nimi, celá záda a slabě ruce.



Graf 8 Subjektivní pocity komfortu hodnocené probandem pro oděvní systém B

Dílčí závěr

Z jednotlivých grafů lze určit, že teplota s přibývajícimi vrstvami klesá, zatímco vlhkost stoupá. V průběhu aklimatizace se teplota i vlhkost ustalují. Proband nezaznamenává žádné teplotní ani vlhkostní pocity a celkově se v oděvu cítí příjemně. V průběhu fyzické zátěže teplota i vlhkost stoupají. Proband teplotu označuje za mírně zvýšenou. Vlhkost je pro probanda silně zvýšená a celkově se v oděvu cítí neutrálně, kdy se oděv lepí jen místy na tělo. V průběhu relaxace teplota klesá a vlhkost se ustaluje. Proband cítí silně zvýšenou teplotu i vlhkost, až nepohodlnou. Celkově se v oděvu cítí nepříjemně, s pocitem mokra a oděv

se probandovi lepí na tělo. Při porovnání teploty na oděvech a teploty rosného bodu lze říci, že se teplota rosného bodu snižuje s přibývajícimi oděvními vrstvami. A také byl potvrzen výskyt rosného bodu.

Závěr

Bakalářská práce se zabývá problematikou na téma „Smart oděvy a jejich testování“. Práce byla rozdělena na teoretickou část a praktickou část.

Teoretická část byla zpracována jako rešerše o Smart oděvech a jejich využití v dnešní době. První část rešerše se z větší části zabývá inteligentními textiliemi a jejich způsobem využití a různou aplikací. Dále se zabývá nositelnou elektronikou a využitím optických vláken. Druhá část rešerše je spíše zaměřena na textilní snímače a jejich využití v praxi. Velká část druhé poloviny rešerše se zabývá tepelným komfortem lidského těla v klidu, teplotou a vlhkostí pod oděvem, a vrstveném oblékáním.

Cílem práce bylo otestovat komfort oděvních vlastností při nošení v podmínkách užívání. Podmínky užívání byly dány klimatickými podmínkami v prostředí dle normy ČSN EN ISO 139, které simulovaly venkovní prostředí. Podmínky užívání byly také dány sportovním výkonem probanda. Testovány byly dva druhy oděvního systému, které měly podobné materiálové složení. Jednotlivé oděvní systémy jsou popsány v praktické části.

Na jednotlivé oděvní vrstvy byla ručně našita čidla k měření teploty a vlhkosti, a byly zaznamenávány přístrojem Almemo. Současně s měřením byl vyplňován dotazník pro subjektivní hodnocení oděvního diskomfortu probandem. Poté, co bylo měření dokončeno, byly výsledky z přístroje Almemo porovnávány se subjektivním vjemem probanda.

Výsledky měly poukázat na to, že i když jsou oděvy z podobného materiálového složení, tak při fyzické námaze se člověk nemusí cítit v těchto oděvech stejně. Což se nám potvrdilo u subjektivního hodnocení probandem, který se v oděvním systému B necítil pohodlně. Lze tedy říci, že s přibývajícím teplotou stoupá i vlhkost a pocit pohodlí při nošení se snižuje. Dalším cílem práce bylo zjistit, zda se u oděvních systémů vyskytne rosný bod. Což bylo potvrzeno u oděvního systému B a rosný bod byl nafocen a vložen do práce.

Do budoucna by bylo přínosné, kdyby bylo měření prováděno na více probandech a výsledky by se tak mohly porovnávat mezi ženami a muži. Dále pro lepší výsledky a porovnání oděvních systémů by bylo vhodné změřit prodyšnost a odolnost vůči vodním parám jednotlivých oděvních vrstev. Při samotném testování doporučuji použít termokameru, pro přesné zachycení zahřívání míst na těle při fyzické aktivitě.

Použitá literatura

- [1] ČTPT, *www.czechinvest.org*. [online] [cit. 2015-2-8].
URL: <<http://www.czechinvest.org/data/files/strategicka-vyzkumna-agenda-3850-cz.pdf>>
- [2] CHO, Chilso, S. LEE a J. Cho. Smart Clothing: technology and applications: *Rewiew and Reappraisal of Smart Clothing*. Editor: Ch. Cho. Boca Raton, FL: CRS Press, 2010.
- [3] KEE, Sam Jeong a Sun K. YOO, Smart Clothing: technology and applications: *Electro-textile interfaces: Textile based sensors and actuators*. Editor H. Mattila. Boca Raton, FL: CRS Press, 2010.
- [4] DRAŠAROVÁ, J., *www.spsliberec.cz*. [online] [cit. 2015-2-12]. URL:
<http://www.spsliberec.cz/ladmin/soubory/spst/File/materialy_ke_stazeni/Drasarova_Co_umi_textil_pdf.pdf>
- [5] TAO, X. *Smart fibres, fibreacs and clothing*. Editor H. Mattila. Cambridge, England: Woodhead Pub., 2001.
- [6] MILITKÝ, J., *www.ft.tul.cz*. [online] [cit. 2015-2-15].
URL: <http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/files/inteligentni_textilie.pdf>
- [7] AJMERA, N., DASH, S.P. a MEENA, CH.R., *www.technicaltextile.net*. [online] [cit. 2015-2-15].
URL: <http://www.technicaltextile.net/articles/sport-textiles/detail.aspx?article_id=2592>
- [9] PŘÍSPĚVATELÉ WIKIPEDIE, *cs.wikipedia.org*. [online] [cit. 2015-2-20].
URL: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Nositeln%C3%A1_elektronika>
- [10] AUTOR NEZNÁMÝ, *www.cz.cz*. [online] [cit. 2015-2-23].
URL: <<http://www.czc.cz/velky-pruvodce-fenomen-zvany-nositelna-elektronika/clanek>>
- [11] SINGH, M. K., *www.ptj.com.pk*. [online] [cit. 2015-3-1].
URL: <<http://www.ptj.com.pk/Web%202004/08-2004/Smart%20Textiles.html>>
- [12] MENG, Q., a HU, J., *www.sciencedirect.com*. [online] [cit. 2015-3-4].
URL: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359835X09002498>>

- [13] DOLEČEK, J., Moderní učebnice elektroniky, 3. díl: *Moderní učebnice elektronik*. Praha: BEN. 2007.
- [14] PLEXO, www.pctuning.tyden.cz. [online] [cit. 2015-3-7].
URL: <<http://pctuning.tyden.cz/hardware/site-a-internet/9994?start>>
- [15] AUTOR NEZNÁMÝ, www.mateo.ntc.zcu.cz. [online] [cit. 2015-3-7].
URL: <<http://www.mateo.ntc.zcu.cz/novinky.php>>
- [16] STROUHALOVÁ, J., www.dspace.k.utb.cz. [online] [cit. 2015-3-7]. URL:
<https://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/25262/strouhalov%C3%A1_2013_bp.pdf?sequence=1>
- [17] BREYER, M., www.mnn.com. [online] [cit. 2015-3-10].
URL: <<http://www.mnn.com/health/fitness-well-being/stories/smart-bra-finds-breast-cancer-long-before-mammogram>>
- [18] ŠEVČÍK, D., www.posterus.sk. [online] [cit. 2015-3-10].
URL: <<http://www.posterus.sk/?p=11358>>
- [19] PŘISPĚVATELÉ WIKIPEDIE, cs.wikipedia.org. [online] [cit. 2015-3-10].
URL: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Piezoelektrick%C3%BD_jev>
- [20] KULHÁNEK, P., www.aldebaran.cz. [online] [cit. 2015-3-10].
URL: <http://www.aldebaran.cz/bulletin/2015_23_ink.php>
- [21] SUDHAKAR, P. a GOBI, N., www.fibre2fashion.com. [online] [cit. 2015-3-10].
URL: <<http://www.fibre2fashion.com/industry-article/1690/chameleonic-textiles?page=1>>
- [22] MILITKÝ, J., Textilní vlákna - Klasická a speciální, Technická univerzita v Liberci, 2012.
- [23] KNÍŽEK, R., Oděvy pro sportovní a outdoorové aktivity, Technická univerzita v Liberci, 2013.
- [24] HES, L., SLUKA, P., Úvod do komfortu textilií, Technická univerzita v Liberci, 2005.
- [25] HORNÍČEK, P., Odvod vlhkosti a tepla z povrchu lidského těla, Technická univerzita v Liberci, 2002 [online] [cit. 2015-3-10]. URL:
<http://www.kod.tul.cz/predmety/STE/dalsi_podklady/Odvod%20vlhkosti%20a%20tepla.pdf>
- [26] MILITKÝ, J., ŠAFÁŘOVÁ, V., a HAVELKA, A., Oděvy odolné vůči elektromagnetickému smogu, Technická univerzita v Liberci

Seznam obrázků

Obrázek 1 Termochromní textilie	17
Obrázek 2 Fotoluminiscence	18
Obrázek 3 Chemiluminiscence.....	18
Obrázek 4 Změna tvaru textilie	19
Obrázek 5 SMP textilie	19
Obrázek 6 Chytré hodinky	21
Obrázek 7 Inteligentní podprsenka	22
Obrázek 8 Inteligentní podprsenka s viditelnými čidly	22
Obrázek 9 Inteligentní košile prof. Jayaramana	23
Obrázek 10 Inteligentní košile s viditelnými spoji.....	23
Obrázek 11 Stavba optického vlákna	25
Obrázek 12 Průřez optickým vláknem	25
Obrázek 15 Mnohovidová vlákna se skokovou změnou indexu lomu.....	26
Obrázek 16 Mnohovioová vlákna s plynulou změnou indexu lomu.....	26
Obrázek 17 Jednovidová vlákna	26
Obrázek 18 Měření pomocí EKG.....	29
Obrázek 19 Měření pomocí EEG	29
Obrázek 20 Měření pomocí EMG	30
Obrázek 21 Měření pomocí GSR	30
Obrázek 22 Prostup vlhkosti do okolního prostředí.....	34
Obrázek 23 Umístění čidel na těle a tričku oděvního systému A	37
Obrázek 24 Proband při jízdě na rotopedu	38
Obrázek 25 Rosný bod na bundě B	45
Obrázek 26 Umístění čidel na mikině oděvního systému A	55
Obrázek 27 Umístění čidel na bundě oděvního systému A	55
Obrázek 28 Umístění čidel na těle a tričku oděvního systému B.....	56
Obrázek 29 Umístění čidel mikině oděvního systému B	56
Obrázek 30 Umístění čidel bundě oděvního systému B	57

Seznam grafů

Graf 1 Průběh teploty u trička A	40
Graf 2 Průměrná teplota a rosný bod u trička A	40
Graf 3 Průběh vlhkosti u trička A	41
Graf 4 Subjektivní pocity komfortu hodnocené probandem pro oděvní systém A.....	42
Graf 5 Průběh teploty u trička B	44
Graf 6 Průměrná teplota a rosný bod u trička B.....	45
Graf 7 Průběh vlhkosti u trička B.....	46
Graf 8 Subjektivní pocity komfortu hodnocené probandem pro oděvní systém B	47
Graf 9 Průběh teploty na těle probanda (čidlo 0) pro oděvní systém A.....	59
Graf 10 Průběh teploty na těle probanda (čidlo 4) pro oděvní systém A.....	59
Graf 11 Průběh teploty u mikiny A	60
Graf 12 Průběh teploty u bundy A	60
Graf 13 Průměrná teplota a rosný bod na těle pro oděvní systém A.....	61
Graf 14 Průměrná teplota a rosný bod u mikiny A	61
Graf 15 Průměrná teplota a rosný bod u bundy A.....	62
Graf 16 Průběh teploty na těle probanda (čidlo 0) pro oděvní systém B	62
Graf 17 Průběh teploty na těle probanda (čidlo 4) pro oděvní systém B	63
Graf 18 Průběh teploty u mikiny B	63
Graf 19 Průběh teploty u bundy B	64
Graf 20 Průměrná teplota a rosný bod na těle pro oděvní systém B.....	64
Graf 21 Průměrná teplota a rosný bod u mikiny B	65
Graf 22 Průměrná teplota a rosný bod u bundy B.....	65
Graf 23 Průběh vlhkosti na těle probanda (čidlo 4) pro oděvní systém A	66
Graf 24 Průběh vlhkosti u mikiny A	66
Graf 25 Průběh vlhkosti u bundy A	67
Graf 26 Průběh vlhkosti na těle probanda (čidlo 4) pro oděvní systém B	67
Graf 27 Průběh vlhkosti u mikiny B	68
Graf 28 Průběh vlhkosti u bundy B.....	68

Příloha č. 1

Umístění čidel na oděvech



Obrázek 24 Umístění čidel na mikině oděvního systému A



Obrázek 25 Umístění čidel na bundě oděvního systému A



Obrázek 26 Umístění čidel na těle a tričku oděvního systému B



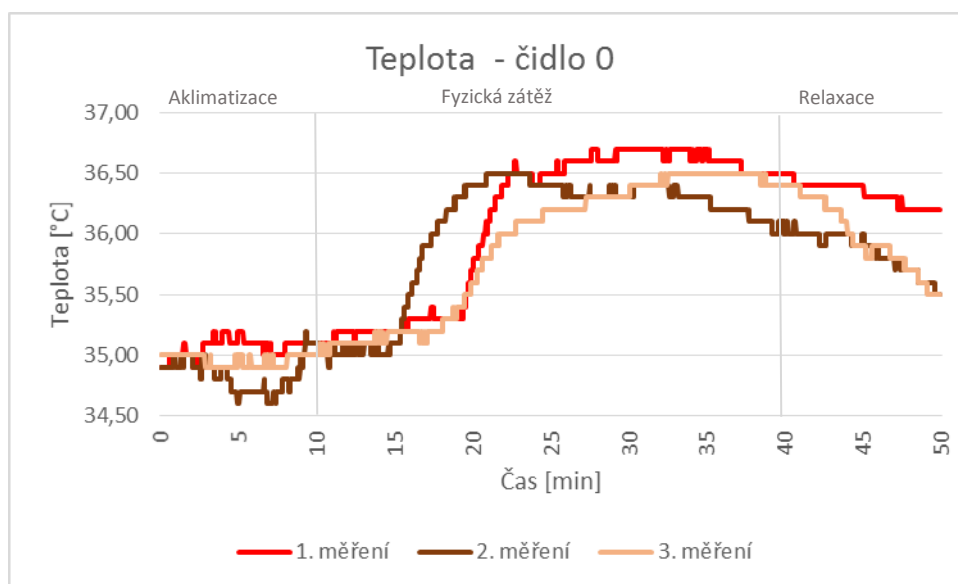
Obrázek 27 Umístění čidel mikině oděvního systému B



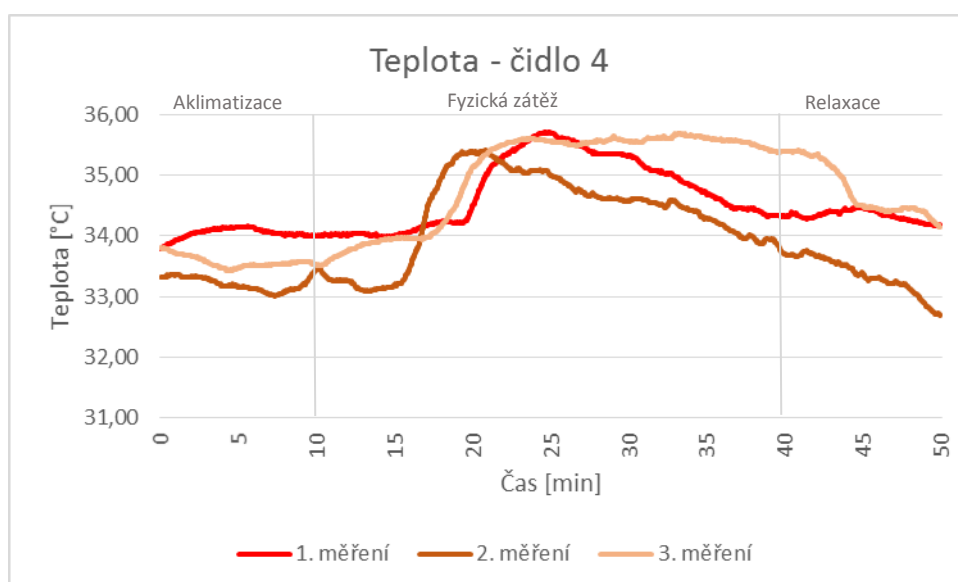
Obrázek 28 Umístění čidel bundě oděvního systému B

Příloha č. 2

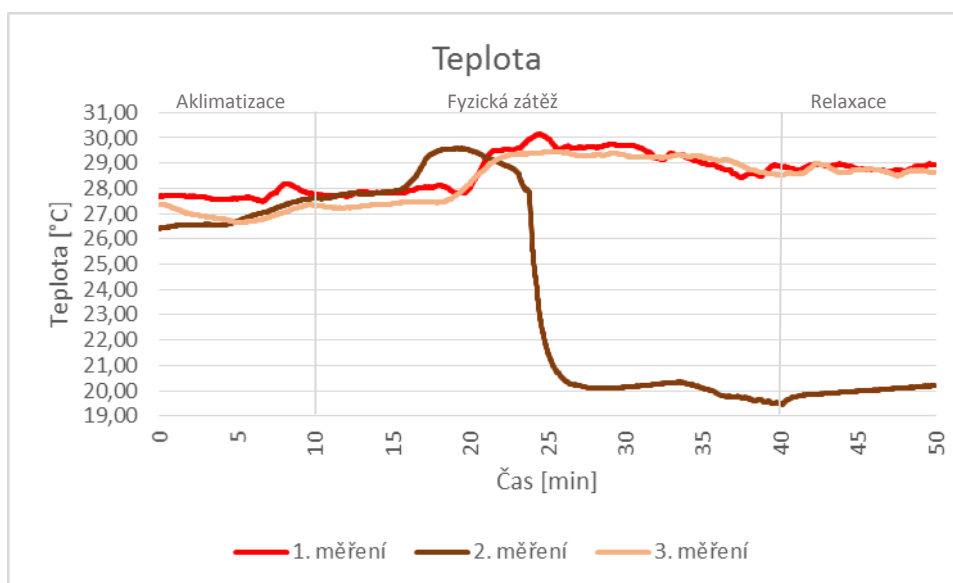
Grafy pro teplotu, rosný bod a vlhkost



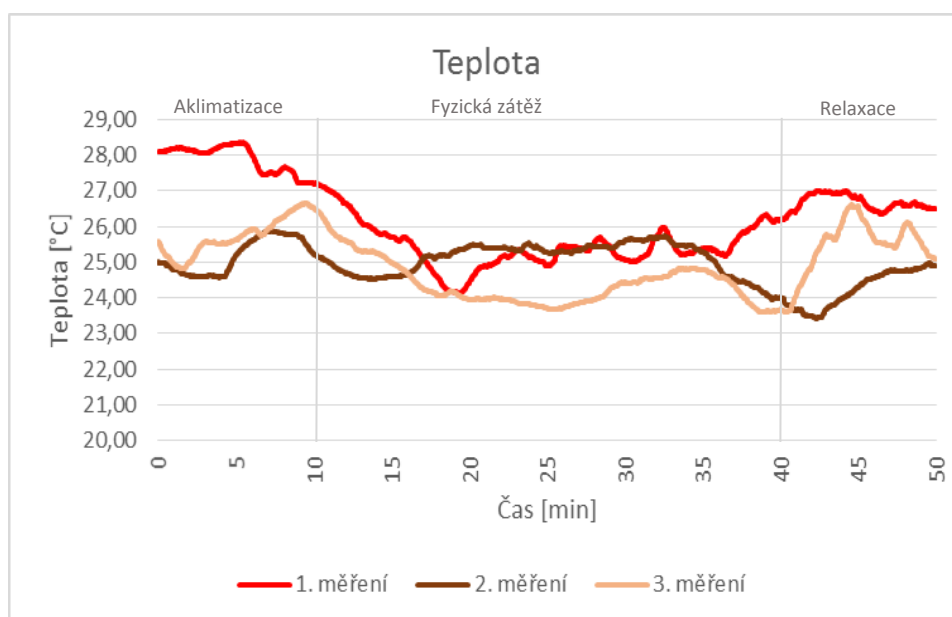
Graf 9 Průběh teploty na těle probanda (čidlo 0) pro oděvní systém A



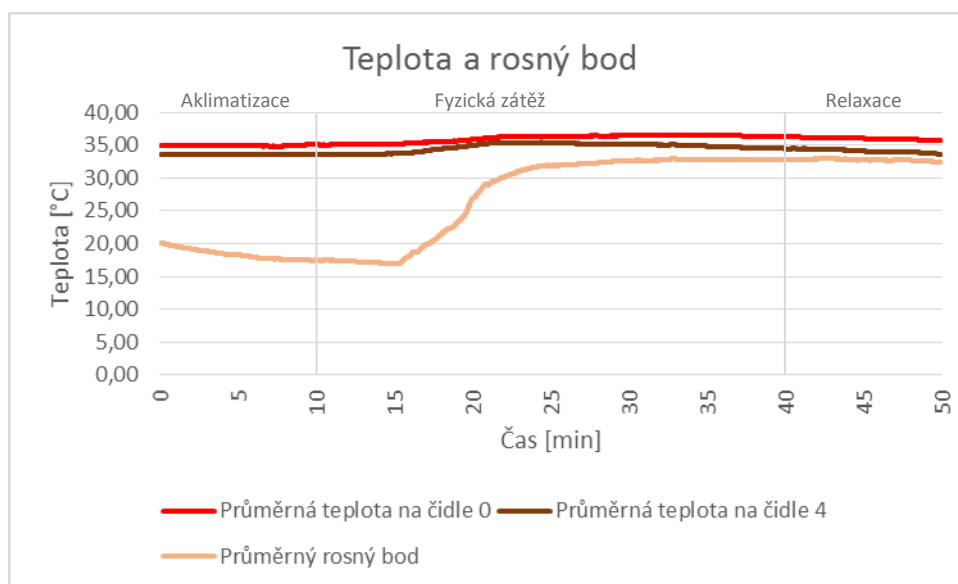
Graf 10 Průběh teploty na těle probanda (čidlo 4) pro oděvní systém A



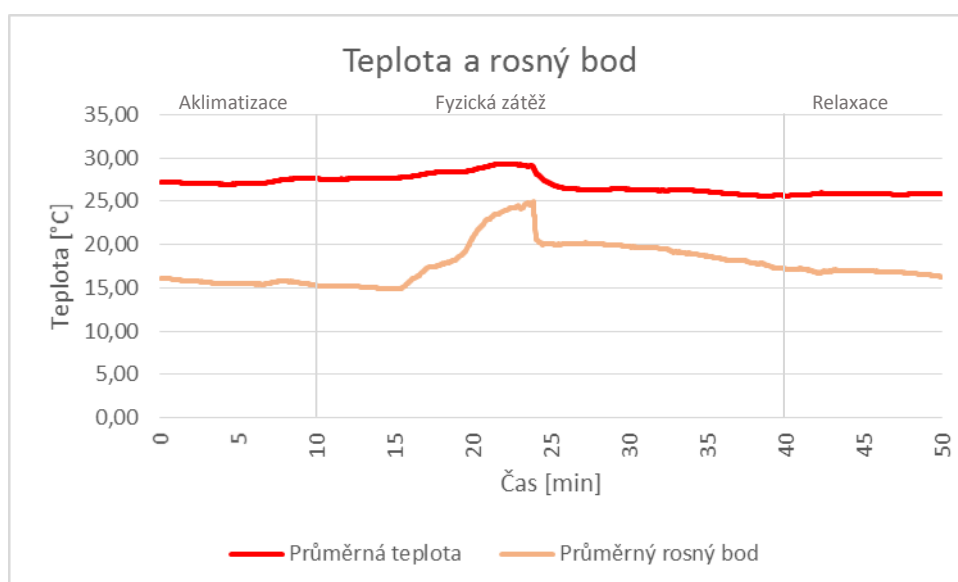
Graf 11 Průběh teploty u mikiny A



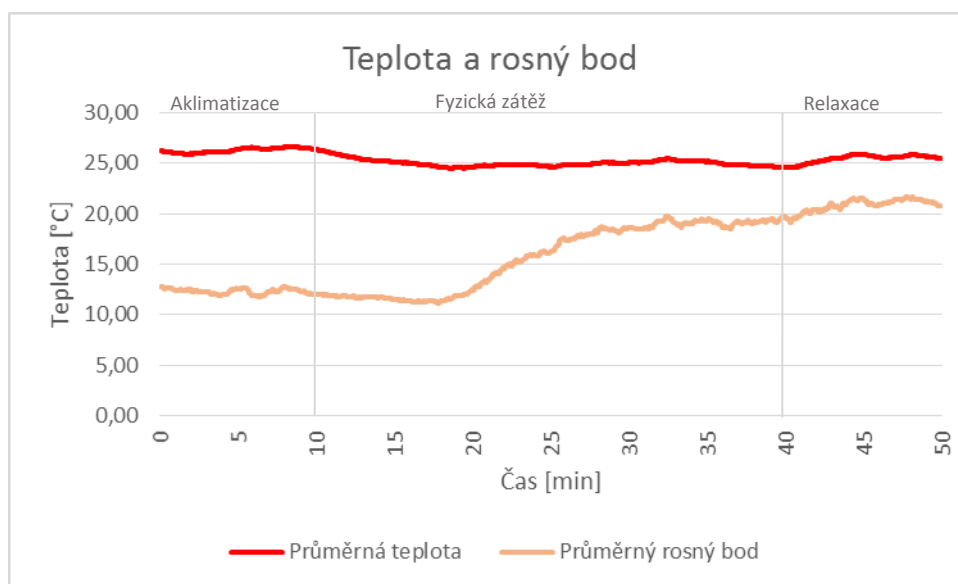
Graf 12 Průběh teploty u bundy A



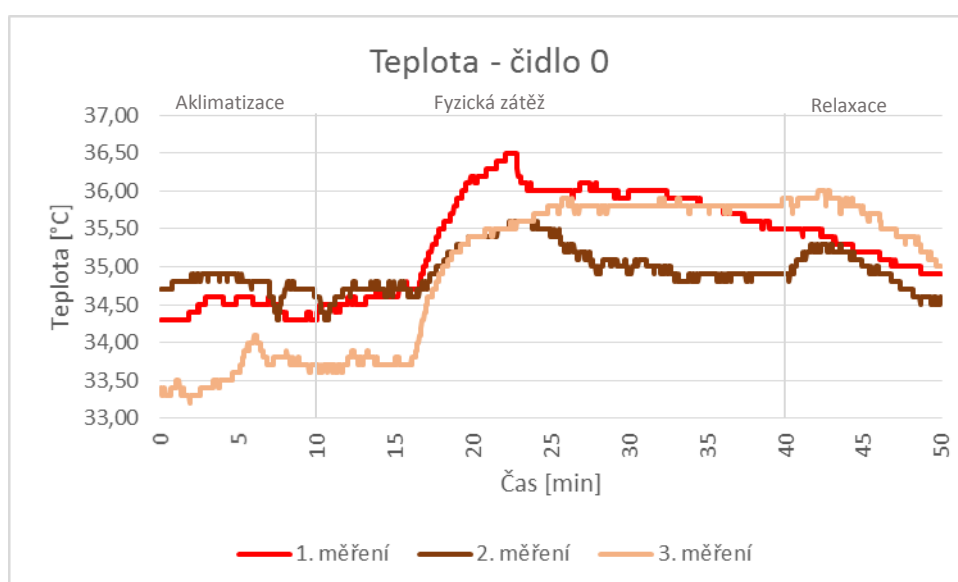
Graf 13 Průměrná teplota a rosný bod na těle pro oděvní systém A



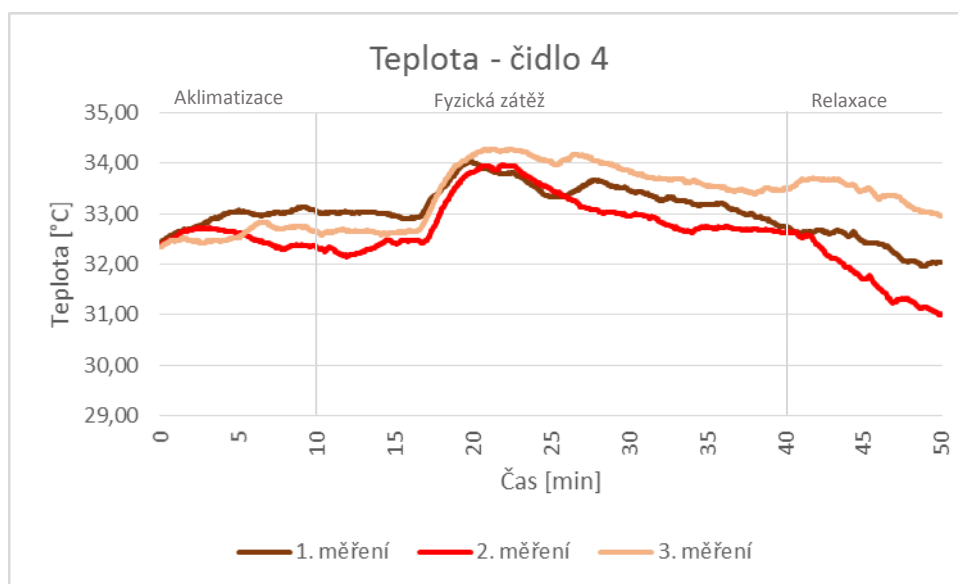
Graf 14 Průměrná teplota a rosný bod u mikiny A



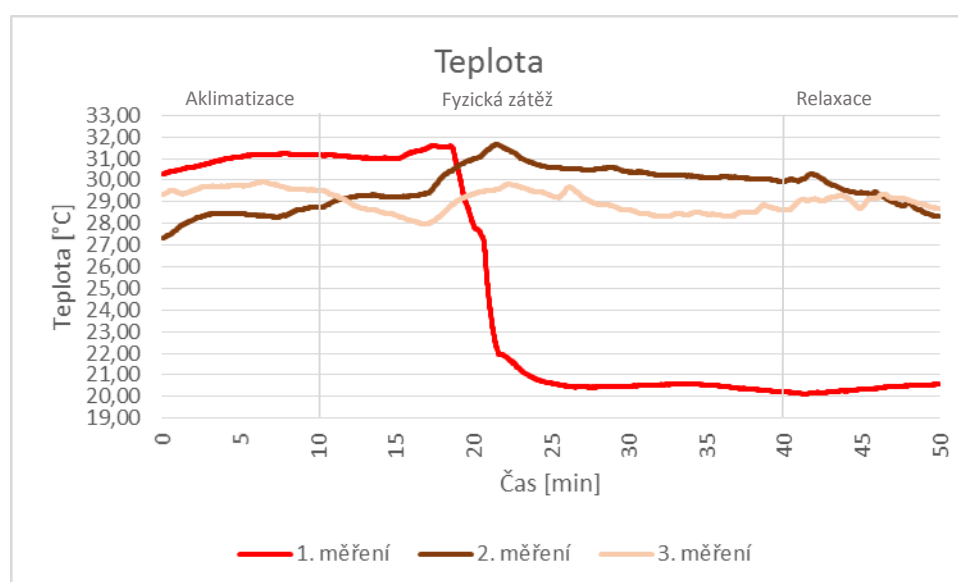
Graf 15 Průměrná teplota a rosný bod u bundy A



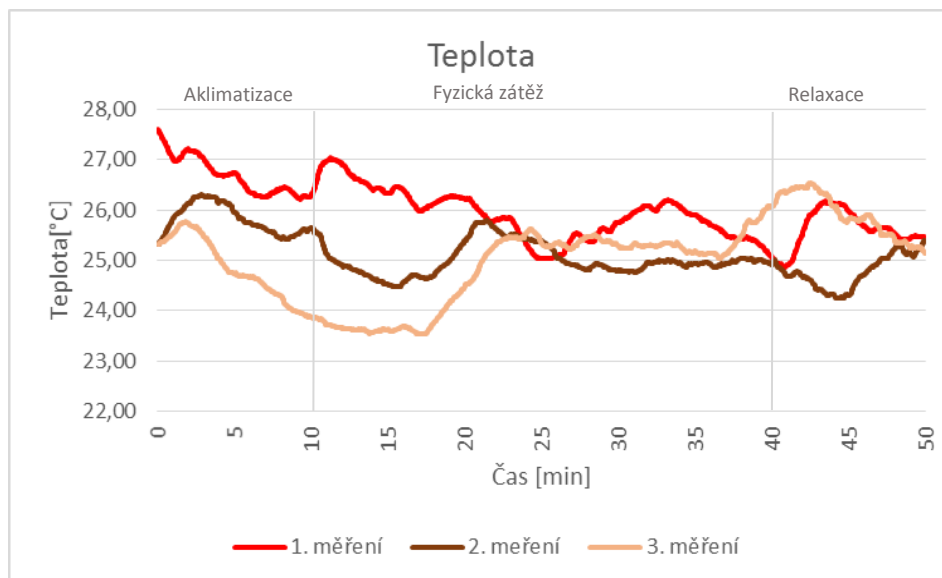
Graf 16 Průběh teploty na těle probanda (čidlo 0) pro oděvní systém B



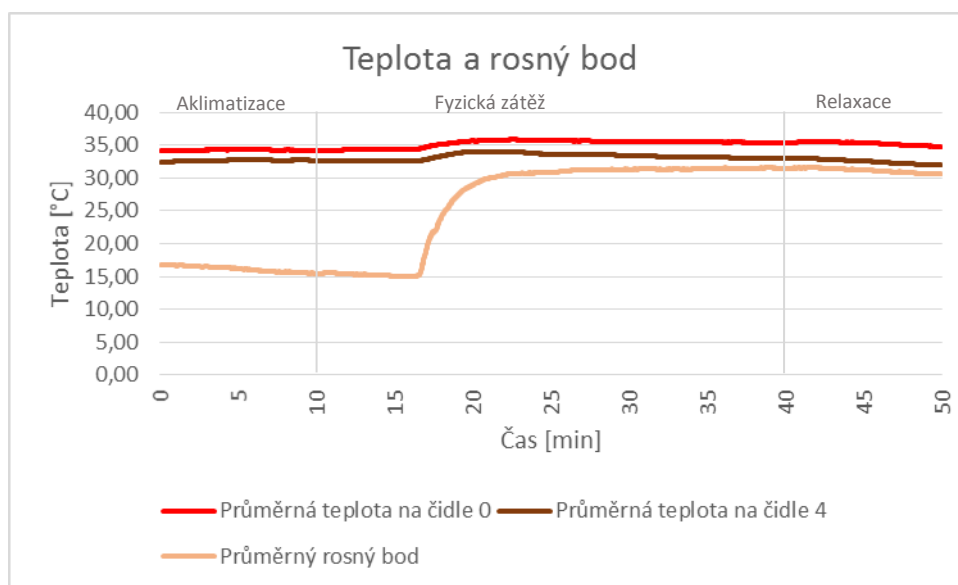
Graf 17 Průběh teploty na těle probanda (čidlo 4) pro oděvní systém B



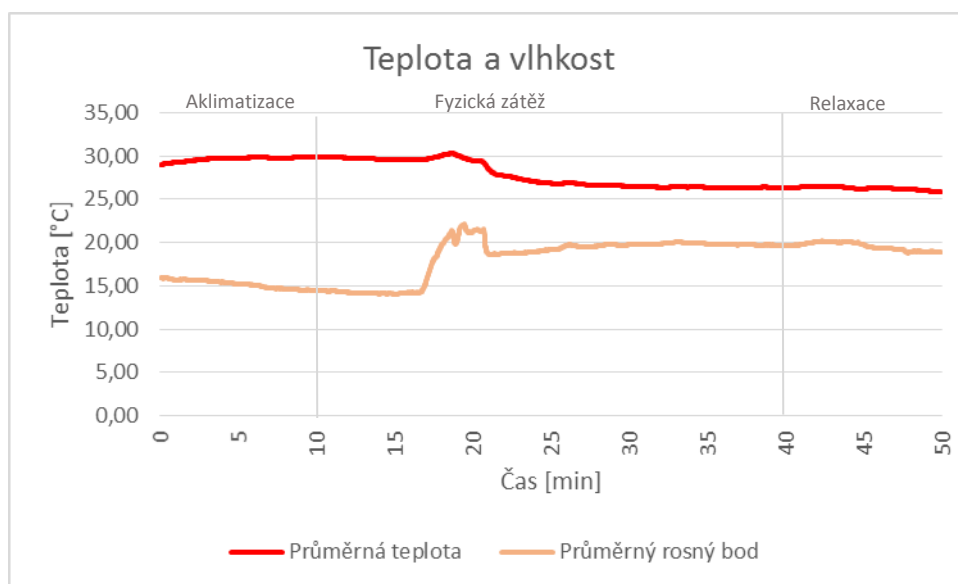
Graf 18 Průběh teploty u mikiny B



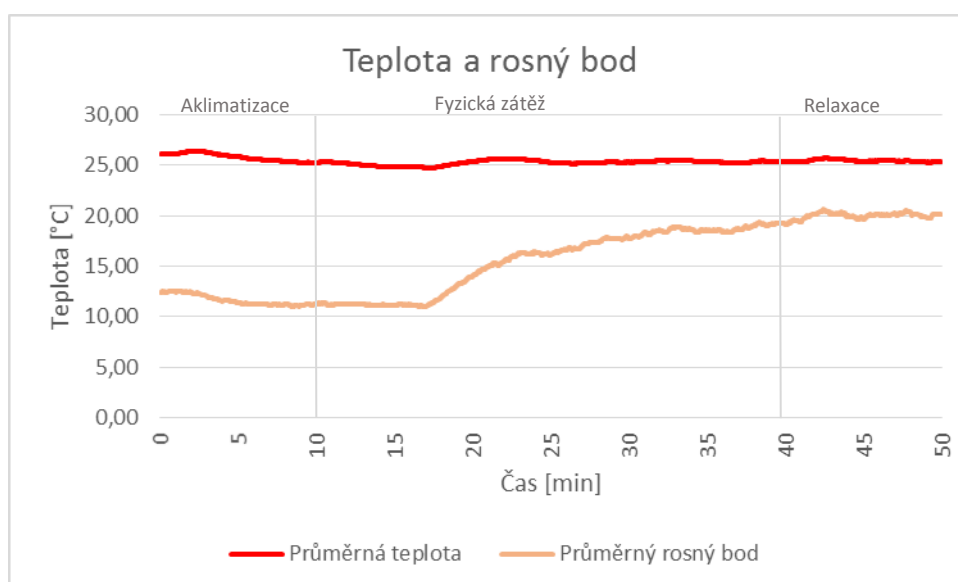
Graf 19 Průběh teploty u bundy B



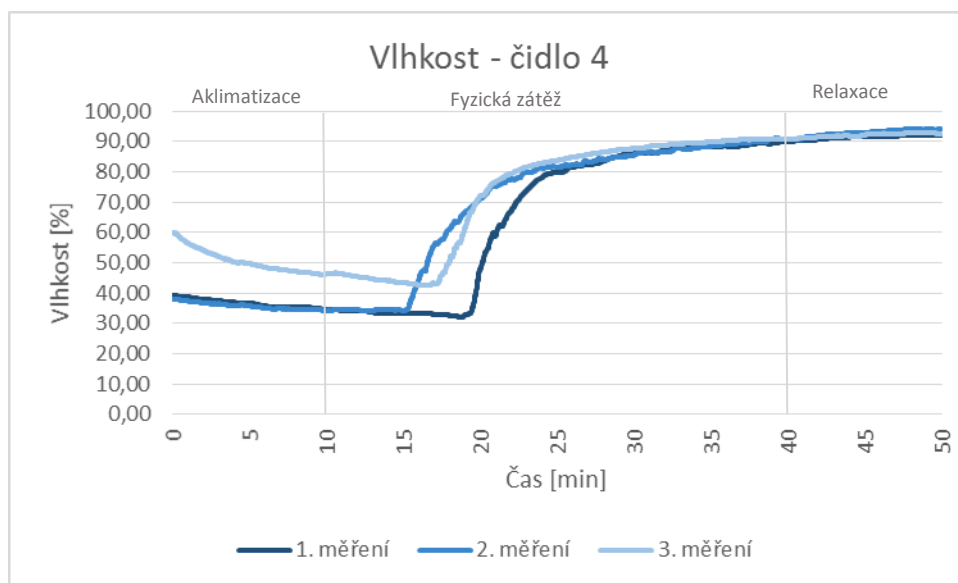
Graf 20 Průměrná teplota a rosný bod na těle pro oděvní systém B



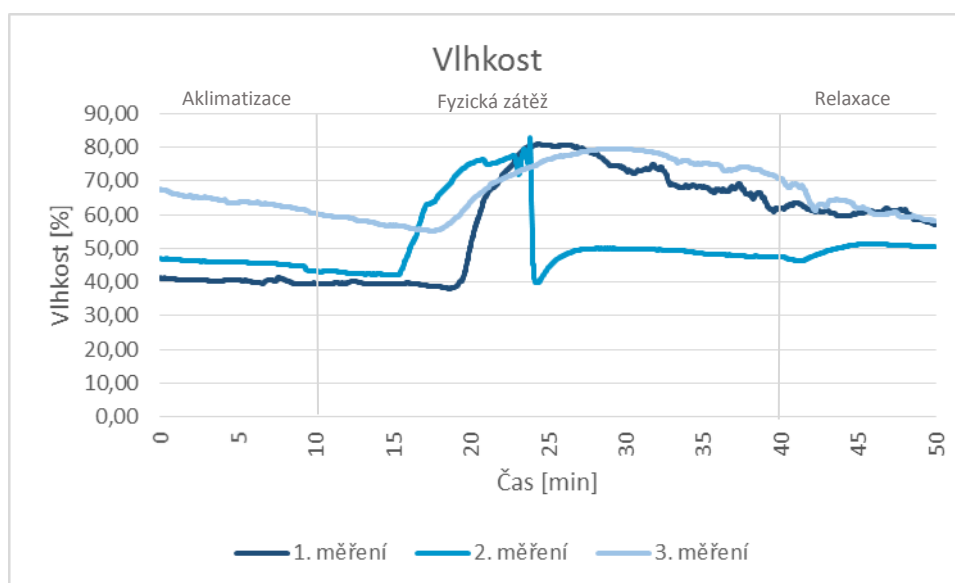
Graf 21 Průměrná teplota a rosný bod u mikiny B



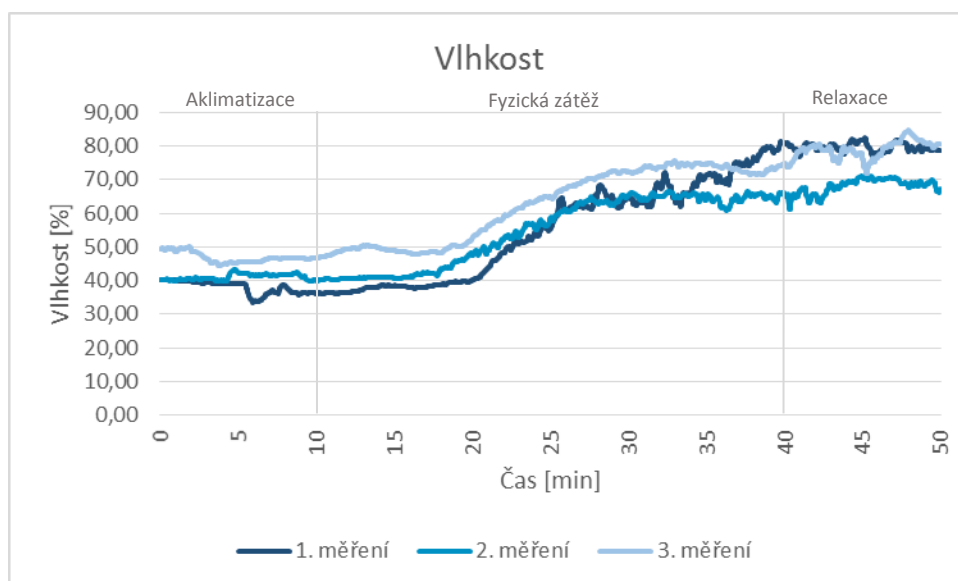
Graf 22 Průměrná teplota a rosný bod u bundy B



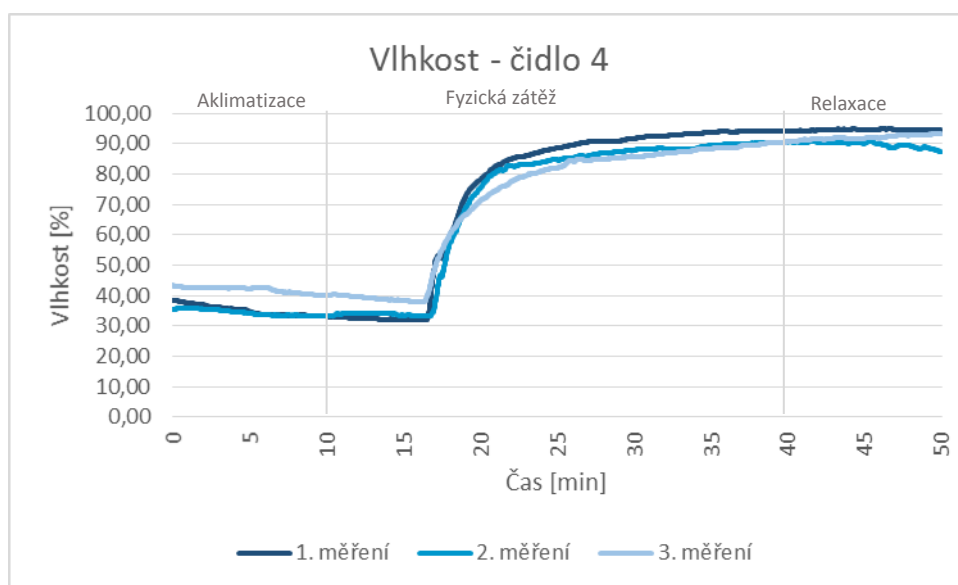
Graf 23 Průběh vlhkosti na těle probanda (čidlo 4) pro oděvní systém A



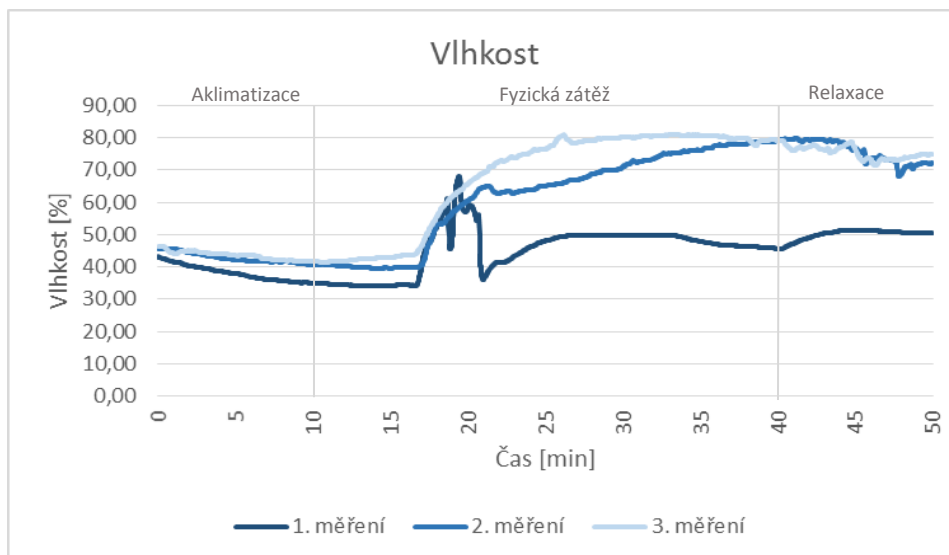
Graf 24 Průběh vlhkosti u mikiny A



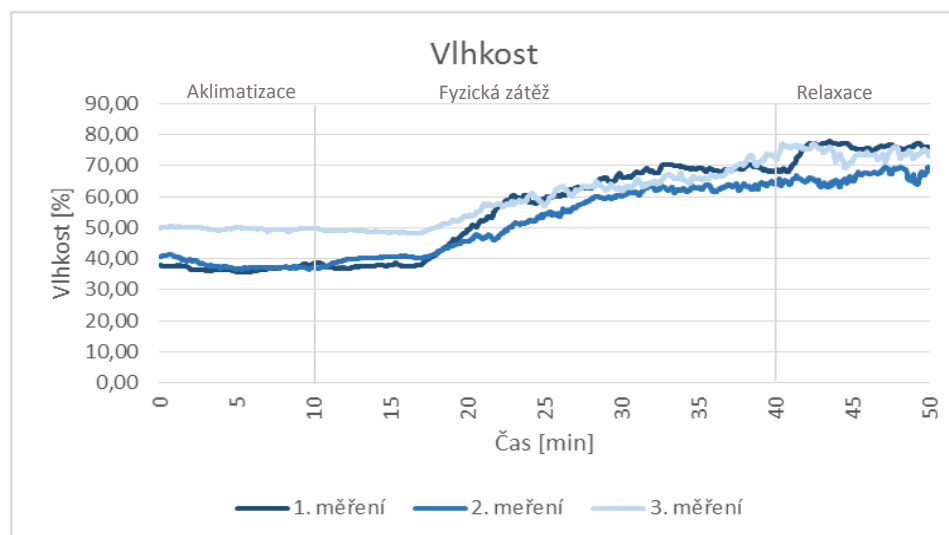
Graf 25 Průběh vlhkosti u bundy A



Graf 26 Průběh vlhkosti na těle probanda (čidlo 4) pro oděvní systém B



Graf 27 Průběh vlhkosti u mikiny B



Graf 28 Průběh vlhkosti u bundy B